

METHOD AND DEVICE FOR RENDERING, GAME SYSTEM AND COMPUTER READABLE RECORDING MEDIUM STORING PROGRAM FOR RENDERING THREE-DIMENSIONAL MODEL

Patent Number: JP2001101441
Publication date: 2001-04-13
Inventor(s): IMAI HITOSHI; HASEGAWA TAKESHI
Applicant(s): SQUARE CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2001101441
Application Number: JP19990275229 19990928
Priority Number(s):
IPC Classification: G06T15/00; G06T15/70
EC Classification:
Equivalents: JP3253020B2

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide coloring in the tone of cell animation with a contour line as one example of non-realistic rendering.

SOLUTION: A model for contour plotting, which includes a three-dimensional(3D) model and inverts the inside and the outside in respect to the corresponding sides of the 3D model, is first acquired (step S2). Then, the model for contour plotting is located (step S3). When plotting the contour line, after executing perspective transformation or the like to the model for contour plotting, hidden surface erasure is performed only with the outside facing the point of view as a plotting object and the contour line is plotted (step S5). Since the model for contour plotting is relatively larger than the 3D model, it is plotted as a partial contour line outside the 3D model. Concerning the 3D model, previously defined lightness ranges are selected one by one and when the lightness of each of pixels inside a polygon is settled within the lightness range, the relevant pixel is plotted in a color for plotting corresponding to that lightness range. By applying such processing to all the 3D model, the 3D model separately plotted in colors as many as lightness ranges is plotted (step S6).

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3253020号
(P3253020)

(45) 発行日 平成14年2月4日(2002.2.4)

(24) 登録日 平成13年11月22日(2001.11.22)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 6 T 15/50
15/70

識別記号

2 0 0

F I

G 0 6 T 15/50
15/70

2 0 0

A

請求項の数16(全 53 頁)

(21) 出願番号 特願平11-275229
(22) 出願日 平成11年9月28日(1999.9.28)
(65) 公開番号 特開2001-101441(P2001-101441A)
(43) 公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)
審査請求日 平成11年9月28日(1999.9.28)

(73) 特許権者 391049002
株式会社スクウェア
東京都目黒区下目黒1丁目8番1号
(72) 発明者 今井 仁
東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株
式会社スクウェア内
(72) 発明者 長谷川 豪
東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株
式会社スクウェア内
(74) 代理人 100103528
弁理士 原田 一男

審査官 脇岡 剛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンダリング方法及び装置、ゲーム装置、並びに立体モデルをレンダリングするプログラムを格納するコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、

前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第5ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項2】 仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、

3

前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第4ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第5ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項3】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第5ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項4】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデル

4

をレンダリングするレンダリング方法であって、前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第4ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第5ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項5】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、前記第5ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項6】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、前記第4ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第5ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項7】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、前記第5ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに

予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。

- 【請求項8】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、前記第4ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第5ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップと、を含むことを特徴とするレンダリング方法。
- 30 【請求項9】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記プログラムは、前記コンピュータに、前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
- 40 前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、
- 50 明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表

7

的な明度が割り当てられており、前記第5ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第6ステップと、
 を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項10】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
 前記プログラムは、前記コンピュータに、
 前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、
 前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
 前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、
 前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、
 明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第4ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第5ステップと、
 前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップと、
 を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項11】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
 前記プログラムは、前記コンピュータに、
 前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、
 前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
 前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、
 前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視

8

点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、
 前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、
 明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第5ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第6ステップと、
 を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項12】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
 前記プログラムは、前記コンピュータに、
 前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、
 前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
 前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、
 前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、
 明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、前記第4ステップで計算された前記第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた前記代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、前記ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成して記憶装置に格納し、前記色分布で前記ポリゴンを描画する第5ステップと、
 前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップと、
 を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項13】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
 前記プログラムは、前記コンピュータに、
 前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モ

デルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、
前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、
前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、
前記第5ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第6ステップと、
を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項14】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
前記プログラムは、前記コンピュータに、
前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、
前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、
前記第4ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第5ステップと、
前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で

描画する第6ステップと、
を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項15】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
前記プログラムは、前記コンピュータに、
前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、
前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
前記輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、
前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、前記所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、
前記第5ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第4ステップで計算された前記ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第6ステップと、
を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項16】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
前記プログラムは、前記コンピュータに、
前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得し、記憶装置に格納する第1ステップと、
前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、
前記立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従って前記ポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、
前記第4ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、前記第3ステップで計算された前記ポリゴンが描

画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を記憶装置に格納し、当該画素を描画する第5ステップと、前記輪郭描画用モデルのうち前記所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップと、を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、仮想空間内の立体モデルをレンダリングする方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、コンピュータ・グラフィックス（CG）に関する技術は急速な進歩を遂げている。研究されているCG技術の一分野は、いかにして、より写実的なレンダリングを行うかというものである。これらの技術により、より写実的な画像が表現されるようになってきている。

【0003】一方、研究されているCG技術の他の分野には、非写実的なレンダリング（non-photorealistic rendering）を行うものがある。この非写実的レンダリング技術は、手書き調の画像をCGで表現しようとするものである。そのひとつとして、仮想三次元空間内における視点位置、視線方向あるいは立体モデルの配置位置、方向、形状等の状態が変更された場合でも自動的に当該立体モデルの輪郭線を正しく描画する画像生成技術も種々研究されている。

【0004】例えば特開平7-85310号公報には、立体モデルがレンダリングされる際に、当該立体モデルを構成するポリゴンの辺を単位として、各辺が輪郭部分かどうかを検出して輪郭線を描画する技術が示されている。また、特開平7-160905号公報には、当該立体モデルがレンダリングされる表示画像中の画素を単位として、各画素が輪郭部分かどうかを検出して輪郭線を描画する技術が示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように従来技術によれば、輪郭線を描画するためには立体モデルをポリゴンの辺単位又はレンダリングされる画素単位に分解して輪郭部分を検出する処理が必要である。そのため、輪郭線を描画する処理が非常に複雑であった。

【0006】また現在、非写実的レンダリング技術として、セルアニメーション（cel animation。以下セルアニメと言う。）のような画像をCGで生成する技術も望

まれている。これは、セルアニメにおいてキャラクターの様々な状態の画像を人間の手で作成する場合には大きな手数がかかるが、これらの画像がCGで生成できれば、その手数を大幅に減少させることができるからである。

【0007】立体モデルをレンダリングしてセルアニメ調の画像を生成する手法として、人間の手で行われたのと同様の彩色を施すことが考えられる。加えて、当該立体モデルの輪郭線が描画されれば、生成される画像はよりセルアニメ調になる。

【0008】よって本発明の目的は、仮想空間に配置された立体モデルにセルアニメ調の彩色を実施すると共に当該立体モデルの輪郭線を簡単な処理で描画し、当該立体モデルのセルアニメ調の画像を描画できるようにするレンダリング方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様に係る、仮想空間内に配置された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法は、立体モデルに基づいて生成された輪郭描画用モデルを、立体モデルを包含する位置に配置する第1ステップと、輪郭描画用モデルの内側を予め定められた配色で描画する第2ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに異なる代表的な明度が割り当てられており、立体モデルが描画されるべき領域の明度分布である第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、立体モデルに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、色分布で立体モデルを描画する第3ステップとを含む。

【0010】立体モデルは通常表から見えるそのものの外側がレンダリングされるが、この輪郭描画用モデルは表から見えないそのものの内側がレンダリングされる。上で述べた通り輪郭描画用モデルを描画することにより輪郭線が描画され、上で述べた通り立体モデルを描画することによりセルアニメ調の彩色が可能になる。

【0011】本発明の第2の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法は、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第4ステップ

13

で計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第5ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第6ステップとを含む。

【0012】本発明の第3の態様に係るレンダリング方法は、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第3ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第4ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布で前記ポリゴンを描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを含む。第3の態様は、第2の態様の描画処理の順番が異なるものである。

【0013】本発明の第4の態様に係るレンダリング方法は、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第4ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第5ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第6ステップとを含む。

【0014】本発明の第5の態様に係るレンダリング方法は、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構

14

成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第3ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第4ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを含む。第5の態様は、第4の態様の描画処理の順番が異なるものである。

【0015】本発明の第6の態様に係るレンダリング方法は、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、第5ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第4ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第6ステップとを含む。

【0016】本発明の第7の態様に係るレンダリング方法は、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、第4ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第3ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における

15

明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを含む。第7の態様は、第6の態様における描画処理の順番が異なるものである。

【0017】本発明の第8の態様に係るレンダリング方法は、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、第5ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴン10の各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第4ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第6ステップとを含む。

【0018】本発明の第9の態様に係るレンダリング方法は、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、第4ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴン10の各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第3ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを含む。第8の態様は、第7の態様における描画処理の順番が異なるものである。

【0019】本発明の第10の態様に係る、仮想空間内に配置された立体モデルをレンダリングするプログラム

16

は、コンピュータに、立体モデルに基づいて生成された輪郭描画用モデルを、立体モデルを包含する位置に配置する第1ステップと、輪郭描画用モデルの内側を予め定められた配色で描画する第2ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに異なる代表的な明度が割り当てられており、立体モデルが描画されるべき領域の明度分布である第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、立体モデルに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布で立体モデルを描画する第3ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0020】本発明の第11の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするプログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、ポリゴン10の各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第4ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第5ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0021】本発明の第12の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、ポリゴン10の各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第3ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第4ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所

17

与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0022】本発明の第13の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第4ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第5ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第5ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0023】本発明の第14の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づいて、第3ステップで計算されたポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第4ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第4ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0024】本発明の第15の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴ

18

ンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、第5ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第4ステップで計算された、ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0025】本発明の第16の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各ポリゴンに対応するポリゴンの表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、第4ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第3ステップで計算された、ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して表を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0026】本発明の第17の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第4ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第5ステップと、第5ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第4ステップで計算された、ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明

度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0027】本発明の第18の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを構成するポリゴン毎に、所与の視点位置に従ってポリゴンが描画されるべき領域を計算する第3ステップと、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応づけられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第4ステップと、第4ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき、第3ステップで計算された、ポリゴンが描画されるべき領域の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第5ステップと、輪郭描画用モデルのうち所与の視点位置に対して裏を向けているポリゴンのみを予め定められた配色で描画する第6ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0028】なお、本発明の第10乃至第18の態様に係るプログラムは、例えばCD-ROM、フロッピーディスク、メモ리카ートリッジ、メモリ、ハードディスクなどの記録媒体又は記憶装置に格納される。このように記録媒体又は記憶装置に格納されるプログラムをコンピュータに読み込ませることで以下で述べるレンダリング装置及びゲーム装置を実現できる。また、記録媒体によってこれをソフトウェア製品として装置と独立して容易に配布、販売することができるようになる。さらに、コンピュータなどのハードウェアを用いてこのプログラムを実行することにより、これらのハードウェアで本発明のグラフィックス技術が容易に実施できるようになる。

【0029】本発明の第19の態様に係る、仮想空間内に配置された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置は、立体モデルに基づいて生成された輪郭描画用モデルを、立体モデルを包含する位置に配置する手段と、輪郭描画用モデルの内側を予め定められた配色で描画する手段と、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに異なる代表的な明度が割り当てられており、立体モデルが描画されるべき領域の明度分布である第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、立体モデルに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布で立体モデルを描画する手段とを有する

【0030】本発明の第1乃至第9の態様に係るレンダ

リング方法における各ステップをコンピュータに実行させることにより、上で述べたレンダリング方法と同様の効果を得ることが可能となる。従って、記載された処理ステップをコンピュータ等のハードウェアを用いて実行することにより、これらのハードウェアで本発明のレンダリング技術が容易に実施できるようになる。

【0031】本発明の第20の態様に係る、仮想空間内に配置された立体モデルをレンダリングするゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とを有する。このプログラムは、コンピュータに、立体モデルに基づいて生成された輪郭描画用モデルを、立体モデルを包含する位置に配置する機能と、輪郭描画用モデルの内側を予め定められた配色で描画する機能と、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに異なる代表的な明度が割り当てられており、立体モデルが描画されるべき領域の明度分布である第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、立体モデルに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布で前記立体モデルを描画する機能とを実施させる。

【0032】

【発明の実施の形態】最初に、本発明をコンピュータ・プログラムにより実施する場合において当該コンピュータ・プログラムを実行するコンピュータ1000の一例を図1に示す。コンピュータ1000はコンピュータ本体101を含んでおり、このコンピュータ本体101は、その内部バス119に接続された演算処理部103、メモリ105、ハードディスク・ドライブHDD107、サウンド処理部109、グラフィックス処理部111、CD-Rドライブ113、通信インターフェース115、及びインターフェース部117を含む。

【0033】このコンピュータ本体101のサウンド処理部109はスピーカーであるサウンド出力装置125に、グラフィックス処理部111は表示画面122を有する表示装置121に接続されている。また、CD-Rドライブ113にはCD-R131を装着し得る。通信インターフェース115はネットワーク151と通信媒体141を介して接続される。インターフェース部117には入力装置161が接続されている。

【0034】演算処理部103は、CPUやROMなどを含み、HDD107やCD-R131上に格納されたプログラムを実行し、コンピュータ1000の制御を行う。メモリ105は、演算処理部103のワークエリアである。HDD107は、プログラムやデータを保存するための記憶領域である。サウンド処理部109は、演算処理部103により実行されているプログラムがサウンド出力を行うよう指示している場合に、その指示を解釈して、サウンド出力装置125にサウンド信号を出力する。

【0035】グラフィックス処理部111は、演算処理部103から出力される描画命令に従って、表示装置121の表示画面122に表示を行うための信号を出力する。CD-Rドライブ113は、CD-R131に対しプログラム及びデータの読み書きを行う。通信インターフェース115は、通信媒体141を介してネットワーク151に接続され、他のコンピュータ等との通信が行われる。インターフェース部117は、入力装置161からの入力をメモリ105に出力し、演算処理部103がそれを解釈して演算処理を実施する。

【0036】本発明に係るプログラム及びデータは最初例えばCD-R131に記憶されている。そして、このプログラム及びデータは実行時にCD-Rドライブ113により読み出されて、メモリ105にロードされる。演算処理部103はメモリ105にロードされた、本発明に係るプログラム及びデータを処理し、描画命令をグラフィックス処理部111に出力する。なお、中間的なデータはメモリ105に記憶される。グラフィックス処理部111は演算処理部103からの描画命令に従って処理をし、表示装置121の表示画面122に表示を行うための信号を出力する。

【0037】次に図1に示されたグラフィックス処理部111の一例を図2を用いて詳細に説明する。グラフィックス処理部111は、内部バス119とのやり取りを行うバス制御部201、バス制御部201とデータのやり取りを行う幾何演算部207及び三角形描画処理部205、三角形描画処理部205からのデータを受け取り処理を実施するピクセルカラー処理部209、各画素のZ値を格納し且つピクセルカラー処理部209により使用されるZバッファ211、及びピクセルカラー処理部209からの表示画面用データを格納するフレーム・バッファ213とを含む。なお、フレーム・バッファ213からの表示信号は、表示装置121に出力される。

【0038】グラフィックス処理部111のバス制御部201は、演算処理部103から出力された描画命令を内部バス119を介して受信し、グラフィックス処理部111内の幾何演算部207又は三角形描画処理部205に出力する。場合によっては、幾何演算部207又は三角形描画処理部205の出力を内部バス119を介してメモリ105に出力するための処理をも行う。幾何演算部207は、座標変換、光源計算、回転、縮小拡大等の幾何演算を実施する。幾何演算部207は、幾何演算の結果を三角形描画処理部205に出力する。

【0039】三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各点におけるデータを生成する。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各点におけるデータを使用して、フレーム・バッファ213に表示画像を書き込む。この際、ピクセルカラー処理部209はZバッファ211を使用して

隠面消去を行う。

【0040】例えば、演算処理部103が、グラフィックス処理部111に、世界座標系における三角形ポリゴンの各頂点の位置及び色並びに光源に関する情報をデータとし、透視変換及び光源計算を行う描画命令を出力した場合には、以下のような処理がグラフィックス処理部111内で実施される。描画命令を受信したバス制御部201は命令を幾何演算部207に出力する。幾何演算部207は、透視変換及び光源計算を実施し、三角形ポリゴンの各頂点のスクリーン座標系における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。幾何演算部207は、この計算結果を三角形描画処理部205に出力する。

【0041】三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点における座標値（Z値を含む）及び色を用いて、三角形ポリゴン内部の各画素における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。さらに、三角形描画処理部205は、この各画素における座標値（Z値を含む）及び色をピクセルカラー処理部209に出力する。ピクセルカラー処理部209は、Zバッファ211から当該画素の現在のZ値を読み出して、三角形描画処理部205から出力されたZ値と比較する。もし、出力されたZ値が現在のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209は、出力されたZ値を当該画素に対応するZバッファ211内の記憶位置に格納し、当該画素の座標値に対応するフレーム・バッファ213内の記憶位置に当該画素の色を格納する。

【0042】なお、当該画素の色に透明度（ α 値）が設定されている場合がある。その場合には、ピクセルカラー処理部209は、当該画素の座標値に対応するフレーム・バッファ213内の記憶位置に記憶されている色と、当該画素の色とを α 値に基づいて合成する。その結果、合成色が生成される。ピクセルカラー処理部209は、生成された合成色を前と同じ記憶位置に格納する。本発明では特に、ピクセルカラー処理部209は、この α 値が一定範囲内である場合にのみ、その画素における色をフレーム・バッファ213の所定の位置に記憶する処理をも実施する。

【0043】以下に示す各実施の形態は、図1に示されたコンピュータによって実施される。

【0044】1. 実施の形態1

次に本発明の実施の形態1の概略を図3の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態1として図示したレンダリング装置には、輪郭描画用モデル描画部350と立体モデル描画部390が含まれる。この輪郭描画用モデル描画部350には、輪郭描画用モデル取得部300と、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部305と、輪郭描画用モデル処理部310と、かすれ表現テクスチャマッピング部315と、立体モデル描画部390と共用されるピクセル処理部330とが含まれる。これらの各機能は、上で述べた順番でデータの受け渡しを行

っている。

【0045】また、立体モデル描画部390には、頂点変換及び光源計算部360と、明度計算部365と、明度範囲テーブル375と、描画用色計算部370と、明度範囲設定部380と、輪郭描画用モデル描画部350と共用されるピクセル処理部330とが含まれる。頂点変換及び光源計算部360の出力は明度計算部365へ入力される。明度計算部365の出力はピクセル処理部330へ入力される。明度範囲テーブル375は、描画用色計算部370及び明度範囲設定部380の両方に参照される。描画用色計算部370及び明度範囲設定部380の出力はピクセル処理部330へ入力される。輪郭描画用モデル描画部350と立体モデル描画部390が共用するピクセル処理部330には、立体モデル描画処理で用いられる明度比較部333と、輪郭描画用モデル描画処理及び立体モデル描画処理の両方で用いられる隠面消去処理部337とが含まれる。

【0046】輪郭描画用モデル取得部300は、例えば三角形ポリゴンで構成された立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを生成する。なお、輪郭描画用モデルが予め生成されている場合には、輪郭描画用モデル取得部300は、当該予め生成されている、三角形ポリゴンで構成された輪郭描画用モデルを読み出す。なお、取得される輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、立体モデルの対応するポリゴンとは表裏が逆になっている。また、輪郭描画用モデルは立体モデルより大きく、輪郭線用の所定の配色にて定義される。

【0047】なお、輪郭描画用モデルは、最終的には対応する立体モデルより相対的に大きくなければならないが、この段階における輪郭描画用モデルの大きさは立体モデルと同じ場合もある。この場合は、輪郭描画用モデル及び立体モデルが描画されるまでに、輪郭描画用モデルが立体モデルより相対的に大きく描画されるよう処理される。また、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルのマテリアルの色をそのまま引き継ぐ場合もある。この場合、描画用色は別に指定される。

【0048】この輪郭描画用モデルの基準位置は、通常対応する立体モデルの基準位置と同じ又はその近傍に位置するように定義される。例えば図4に輪郭描画用モデル510のサイズが立体モデル500のサイズよりひとまわり大きく定義されている場合を示す。この図4では、各面の矢印方向がおもて面を示している。立体モデル500は六角形の各面の外側がおもて面であり、輪郭描画用モデル510は六角形の各面の内側がおもて面となっている。

【0049】立体モデル500の基準位置である立体モデル基準位置520と、輪郭描画用モデル510の基準位置である輪郭描画用モデル基準位置530は共に各モデルの中心に定義される。また輪郭描画用モデル510は輪郭描画用モデル基準位置530を中心に、立体モデ

ル500よりひとまわり大きく定義される。

【0050】そして、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部305が、仮想空間内の輪郭描画用モデル基準位置530を、立体モデル基準位置520と同じ位置に配置するための配置用マトリックスを設定する。すなわち、輪郭描画用モデル510の配置用マトリックスを、輪郭描画用モデル基準位置530を立体モデル基準位置520の座標に平行移動させる変換を含むように設定することで、立体モデル500を包含する位置に輪郭描画用モデル510が配置される。

【0051】輪郭描画用モデル処理部310は、輪郭描画用モデルの各頂点につき、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し、且つ輪郭描画用モデルの各面の表裏判定を実施する。この頂点変換には上で述べた配置用マトリックスも用いられる。なお、ここで光源計算は実施されない。例えば、仮想三次元空間である仮想空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル取得部300において立体モデルと同じ大きさの輪郭描画用モデルを取得した場合には、輪郭描画用モデル処理部310は、輪郭線描画用モデルのサイズを拡大するための頂点変換を実施する。ここで拡大した場合も立体モデルと輪郭描画用モデルの関係は図4のようになる。

【0052】また、面の表裏判定は、カメラ550からの視線540の方向と同じ方向がおもて面の方向である面を描画の対象から外すために行われる。図4の例では、輪郭描画用モデル510のカメラ550に近い面511及び512が描画対象から外れる。このようにすると、立体モデル500の外側にあり且つカメラ550に近い面は描画対象から外れるので、立体モデル500は立体モデル描画部390の処理どおり描画される。一方、輪郭描画用モデル510は、立体モデル500より後ろの面513、514、515及び516のみが描画対象となる。但し、ピクセル処理部330の隠面消去処理部335にて隠面消去が行われるので、描画対象となってもその面の全てが描画されるわけではない。

【0053】かすれ表現テクスチャマッピング部315は、結果的に描画される輪郭線がかすれているような線になるように、輪郭描画用モデルにかすれ表現テクスチャをマッピングするための処理を実施するものである。このかすれ表現用テクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャで後に例を示す。なお、必ずしも輪郭線がかすれている必要は無いので、かすれ表現テクスチャマッピング部315の処理は選択的に実施される。

【0054】立体モデル描画部390の頂点変換及び光源計算部360は、仮想三次元空間に配置される立体モデルを構成する三角形ポリゴンの各頂点について頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し

(三角形ポリゴンが描画される領域を計算し)、頂点変換された三角形ポリゴンの各頂点について光源計算を行う。また、立体モデル描画部390の頂点変換及び光源計算部360は、立体モデルの各三角形ポリゴンの表裏判定も行う。光源計算は、光源から発せられた仮想的な光線により生じる陰影(輝度)を計算するものである。

【0055】立体モデル描画部390の頂点変換及び光源計算部360においても、仮想三次元空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル処理部310で処理された後の輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルが輪郭描画用モデルに対して相対的に小さくなるように立体モデルのサイズを縮小するための頂点変換が実施される。

【0056】頂点変換及び光源計算部360が立体モデルの縮小処理を行った場合も立体モデル500と輪郭描画用モデル510の関係は図4のようになる。また、面の表裏判定は、輪郭描画用モデル処理部310と同じで、立体モデルの面のうちカメラの視線方向と同じ方向がおもて面の方向である面を描画対象から除外する。図4の例では、カメラから見て後ろの方の面503、504、505及び506が描画対象から除外される。

【0057】明度計算部365は、頂点変換及び光源計算部360が計算した三角形ポリゴンの各頂点における色から明度を計算する。通常頂点変換及び光源計算部360はRGB系における色を計算するので、明度計算部365はこのRGBをYIQ変換して明度Yを求める。この三角形ポリゴンの各頂点における明度は、ピクセル処理部330に出力される。

【0058】明度範囲テーブル375は、例えば図5のようなテーブルである。すなわち、しきい値と基準明度が対となったテーブルで、ここではしきい値0.75に対して基準明度0.75、しきい値0.50に対して基準明度0.25と三段階(レベル)に設定されている。なお、ここでは明度は0から1までの実数値をとるものとする。しきい値ではなく、上限及び下限による範囲の指定でも良い(例えば図18参照)。この明度範囲テーブル375を参照して、描画用色計算部370は各しきい値に対応する描画用色を計算する。各しきい値に対応する描画用色は、しきい値に対応する基準明度と立体モデルの各三角形ポリゴンに予め設定されている色の情報とを用いて計算される。計算された描画用色を描画用色計算部370はピクセル処理部330に出力する。

【0059】明度範囲設定部380は、明度範囲テーブル375の1つのしきい値を選択して、ピクセル処理部330に設定する。明度範囲設定部380は、図5のような明度範囲テーブル375をそのまま使用する場合には上から順番の一つずつ設定していく。しきい値ではなく上限及び下限による範囲が指定されている場合には、

ランダムに選択・設定可能である。

【0060】輪郭描画用モデル描画部350と立体モデル描画部390に共用されるピクセル処理部330は、三角形ポリゴン内の各画素における色又は明度を、三角形ポリゴンの各頂点の色又は明度を補間して求める処理を実施する。補間の方式は、グーロー・シェーディングのアルゴリズムでも、フォン・シェーディングのアルゴリズムでも良い。

【0061】ピクセル処理部330は、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴンを処理する場合には、隠面消去処理部337を用いて隠面消去処理を実施しつつ、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン内の各画素の色を決定する。

【0062】例えば図4の場合には、立体モデル500のカメラ550に最も近い2つの面501及び502が描画され、輪郭描画用モデルのカメラ550から遠い4つの面513、514、515及び516が描画される。輪郭描画用モデル510のこの4つの面は、カメラ550から見ると立体モデル500から左右にはみ出している部分のみが隠面消去されずに描画される。このはみ出している部分が輪郭線となる。なお、ピクセル処理部330は、輪郭描画用モデルのマテリアルの色を考慮して色を決定する。但し、このマテリアルの色を全く無視して輪郭線の色(黒又は暗い輪郭線用の色)を輪郭描画用モデルの色とする場合もある。

【0063】一方、ピクセル処理部330は、立体モデルの描画対象とされた三角形ポリゴンを処理する場合には、まず明度計算部365から出力された三角形ポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度(ポリゴンにおける明度分布)を計算する。

【0064】そして、明度比較部333は各画素における明度と明度範囲設定部380が設定したしきい値とを比較する。もしその画素における明度がしきい値以上であれば、ピクセル処理部330は、このしきい値に対応する基準明度に基づく描画用色で当該画素を描画する。この描画処理の際には、隠面消去処理部337を用いて隠面消去処理をも実施する。もしその画素における明度がしきい値未満であれば、この画素をこの段階では描画しない。明度範囲設定部380が明度範囲テーブル375の全てのしきい値をピクセル処理部330に設定し、それに対応してピクセル処理部330が三角形ポリゴン内の全ての画素について描画処理を行えば、三角形ポリゴン内部が図5の例では3段階に塗り分けられる。この処理を立体モデルの全ての三角形ポリゴンについて実施する。

【0065】なお、上で述べた処理では予め描画用色を描画用色計算部370にて計算されているので分かりにくいですが、上の処理は、各画素における明度(ポリゴンに

おける明度分布)がその明度が属する明度範囲に対応する基準明度と置き換えられ(ポリゴンにおける第2の明度分布が生成され)、ポリゴンに予め設定された色とその基準明度とから生成される描画用色(ポリゴンにおける色分布)で描画する処理と実質的に同じである。

【0066】本発明では隠面消去処理にはZバッファによる隠面消去が必要となる場合がある。例えば、立体モデルが人間の形をしており、腕が胴体の前に位置する場合等では、輪郭描画用オブジェクトと立体モデルの面の位置関係からZバッファ法を用いないと、正確な輪郭線を描画することが困難な場合があるからである。

【0067】加えて、立体モデル描画部390で、図5のような明度範囲テーブル375をそのまま使用する場合には、Zバッファによる隠面消去が利用される。例えば図5に従えば、0.75以上という明度は0.5以上でも0.0以上でもあるから、重ねて描画用色が塗られないように明度範囲の上限値を設定する必要がある。もしある画素の明度が0.75以上であれば、このしきい値0.75に対応する描画用色でこの画素は描画され、その画素のZ値がZバッファに記憶される。

【0068】しきい値が0.5になった場合には、当該画素のZ値がZバッファから読み出され、書き込もうとする同じ画素のZ値と比較されるが、当然それらは同じであるから、しきい値0.5に対応する描画用色はその画素についてはフレーム・バッファに書き込まれない。しきい値0.0についても同じである。

【0069】また、ポリゴンの頂点及びポリゴン内部の画素における明度は、通常は透明度として使われる α という色(RGB)の属性値として取り扱われる。通常 α 値は0-255の範囲で定義されるので、実際に属性値 α には明度を255倍したものが使用される。よって、明度範囲テーブル375のしきい値(上限及び下限値)は0-255の範囲の値であっても良い。

【0070】次に、実施の形態1についての処理フローを説明する。なお、以下の処理は、演算処理部103

(図1)がコンピュータ本体101内の他の要素を制御して実施される処理である。

【0071】[CD-R記録処理]図6には、予め行われる輪郭描画用モデルの生成処理が示されている。処理が開始すると、HDD107に予め記憶された立体モデルのデータが読み出され(ステップS303)、変換対象モデルとして取得される。

【0072】次に、この変換対象モデルのサイズがひとまわり大きくなるよう拡大される(ステップS305)。例えば、変換対象モデルの各頂点の法線方向に、当該変換対象モデルの全長の2パーセントの長さだけ当該頂点が移動され、全体として2パーセント程度拡大される。すなわち、例えば当該変換対象モデルが人間型で、その身長が1.8m相当であれば、各頂点は0.036mに相当する長さだけ移動される。この拡大率がよ

り大きい場合は輪郭線はより太く描画され、拡大率がより小さく、変換対象モデルがわずかに拡大されただけである場合には輪郭線はより細く描画される。更に、均一でなく一部がより拡大されれば、より拡大された部分の輪郭線のみが太く描画される。このサイズの調整は、通常立体モデルの製作者により行われるので、当該製作者の意図を反映した輪郭線を描画することができる。

【0073】なお、立体モデルの各頂点の法線が定義されていない場合には、当該頂点を共有する各面の法線を補間することにより求められる当該頂点の法線を用いて、当該頂点を当該頂点の法線方向に移動させることもできる。また、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させることもできる。しかし単純に面が移動されただけである場合には、面と面との間に隙間が生じてしまうので、それを埋めるための処理が別途必要になる。更に、通常立体モデルには基準位置が定義されているので、対応する変換対象モデルの基準位置を中心に、変換対象モデルの各頂点を移動させることもできる。

【0074】次に、変換対象モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、彩度は同じで明度を低くした色に設定される(ステップS307)。なお、各ポリゴンがすべて黒などの単一色に設定されるときでもよい。また、かすれ表現用テクスチャをマッピングするための設定がされるときでもよい。マテリアルの色は製作者により調整されるので、当該製作者の意図した色で輪郭線を描画することができる。

【0075】次に、変換対象モデルの各ポリゴンの表裏を反転する(ステップS309)。具体的には、変換対象モデルを構成する各三角形の頂点が定義されている順番を一ヶ所入れ替える。なお、表裏判定方法の詳細は後述する。

【0076】ここまでで変換された変換対象モデルのデータを、輪郭描画用モデル・データとしてHDD107に記憶し(ステップS311)、輪郭描画用モデル生成処理を終了する(ステップS313)。

【0077】次に、HDD107に記憶された、立体モデル・データ及び輪郭描画用モデル・データを含む各種データが、CD-Rドライブ113によりCD-R131に書き込まれる。図7には、CD-R131に書き込まれたデータの例が模式的に示されている。

【0078】プログラム領域132には、コンピュータ1000に本発明を実施させるためのプログラムが格納される。但し、本発明を実施するプログラムは、CD-R131に書き込むまでの処理と、後に詳述される図8に示される処理とに分けることができる。よって、上で述べた輪郭描画用モデルを生成して輪郭描画用モデル・データを含む各種データをCD-R131に書き込む処理を行うプログラムはここには含まないとしてもよい。このようにする事で、図8に示される処理を、例えばCD-Rドライブ113の代わりにCD-ROMドライブ

を備えた、コンピュータ1000とは別のコンピュータで実施することもできる。

【0079】システムデータ領域133には、上で述べたプログラム領域132に格納されるプログラムによって処理される各種データが格納される。画像データ領域134には、立体モデル・データ137及び輪郭描画用モデル・データ135を含むデータが格納される。但し、後述する輪郭描画用モデル取得処理において輪郭描画用モデルを生成する場合には、輪郭描画用モデル・データ135が格納される必要は無い。なお、かすれを表現するテクスチャ等のデータも画像データ領域134に格納される。

【0080】サウンドデータ領域136には、図1に示されたサウンド処理部109によりサウンド出力装置125からサウンドを出力させるためのデータが格納される。なお、サウンド処理は本発明と直接関係は無いので、サウンドデータ領域136にデータが格納されている必要は無い。

【0081】なお、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで定義されるとしてもよい。この場合には、後述する輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後に、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルが拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが拡大変換を含むように当該配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0082】また、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色は、対応する立体モデルの各面のマテリアルの色と同一であっても良い。この場合、後述される輪郭描画用モデルの描画処理の際に、例えば、黒などの別途定義された色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0083】[全体の処理フロー] 図8に実施の形態1の全体の処理フローを示す。処理が開始すると、初期設定が行われる(ステップS2)。この初期設定の処理には、後に詳述する輪郭描画用モデルのデータ取得処理

(図9)や、描画すべき立体モデルのデータ取得処理が含まれる。そして、仮想空間内の状態が設定される(ステップS3)。この処理は、例えば視点の位置が変更されたり、光源の位置が変更されたり、モデルが移動させたり、モデルが変形された場合に、それに応じて仮想空間内の状態を変更する処理である。この処理が行われることで、立体モデル及び輪郭描画用モデルの位置座標・方向・拡大率・縮小率等の決定処理が行われる。より具

体的には立体モデル及び輪郭描画用モデルの配置用マトリックス(図11で使用)の決定処理が行われる。また入力装置161(図1)のキー操作等に従ってステップS4の輪郭線描画か否かの設定がこのステップS3で行われる。

【0084】次に、輪郭線を描画するか否かの判断処理が行われる(ステップS4)。これは上で述べたように入力装置161のキー操作等による設定又は他のプログラムによる設定に基づき判断される。そして、輪郭線を描画すると判断された場合には、輪郭線描画用モデルの描画処理が実施される(ステップS5)。これについては後に図11を用いて説明する。そして輪郭線が描画される場合も描画されない場合も立体モデルの描画処理が実施される(ステップS6)。この処理についても後に図15を用いて説明する。このステップS3乃至S6が処理終了まで繰り返し実施される(ステップS7)。処理終了であるか否かは、処理を終了すべき旨の操作入力が行われたか否かによって判断される。

【0085】[輪郭描画用モデル取得処理] 図9には、輪郭描画用モデルの取得処理が示されている。ここではまず、輪郭描画用モデルが生成されるか否かが判断される(ステップS203)。輪郭描画用モデルを予め用意しておく場合と輪郭描画用モデルをこの段階にて生成する場合が存在するためである。ここでこの判断は、例えば立体モデルに対応した輪郭描画用モデルがCD-R131に格納されているか否かを判定する事により実施される。格納されていると判断されれば輪郭描画用モデルは生成されないと判断され、格納されていないと判断されれば、輪郭描画用モデルは生成されると判断される。

【0086】輪郭描画用モデルが生成されないと判断された場合には、CD-R131に格納されている輪郭描画用モデルのデータが読み出される(ステップS207)。この輪郭描画用モデルの各面は、上で図4及び図6を用いて説明されたように、立体モデルの対応する面とは表裏が反転されたものである。また読み出される輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく定義される。更に、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルより暗い色で定義される。

【0087】もし輪郭描画用モデルが生成されると判断された場合には、輪郭描画用モデルを生成する処理が行われる(ステップS205)。ステップS207と同じように、この段階において輪郭描画用モデルが生成される場合においても、輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、上で図4を用いて説明されたように、立体モデルの対応するポリゴンとは表裏反転したものにする。

【0088】輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく生成される。ステップS305(図6)と同じように、例えば立体モデルの各頂点の法線方向に当該頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成される。輪郭描画用モデルが立体モデルに

比してより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、輪郭描画用モデルが立体モデルよりわずかに大きいだけである場合は輪郭線はより細く描画される。

【0089】また、ステップS305（図6）の説明で述べられているように、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。さらに、通常立体モデルに定義されている基準位置を中心に、その立体モデルの各頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。

【0090】なお、この時点では、輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで生成されるとしてもよい。この場合には本輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルは拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが拡大変換を含むように当該配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0091】一方、輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色は、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色をより暗くした色で生成される。なお、ステップS307（図6）の説明で述べられているのと同様に、この時点では、生成される輪郭描画用モデルの色は定義されていなくてもよい。あるいは、輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色と同一であっても良い。この場合、輪郭描画用モデルの描画処理の際に、輪郭描画用モデルの色は考慮されず、例えば黒などの別途定義された色か、かすれを表現するテクスチャの色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0092】次に、輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされるか否かが判断される（ステップS209）。ステップS205で輪郭描画用モデルが生成された場合には、対応する立体モデルのデータに基づいて当該判断が実施される。一方、ステップS207で輪郭描画用モデルが読み出された場合には、読み出された輪郭描画用モデルのデータに基づいて当該判断が実施される。かすれを表現するテクスチャがマッピングされると判断された場合には、ステップS211にて輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされる。すなわち、ポリゴンの各頂点にテクスチャ座標（U、V）が設定される。

【0093】なお、上でも述べたように、かすれを表現するテクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有する。図10には明度の変化を含むテクスチャの一例

が示されている。これは黒地に白の斜線が細かく入った図柄を有するテクスチャである。黒部分の明度は低く、白部分の明度は高いので、図10に示されたテクスチャは明度の変化を含んでいる。

【0094】本発明において輪郭線は、輪郭描画用モデルの一部が線として切り出されて描画される。すなわち、図10のテクスチャがマッピングされた輪郭描画用モデルが輪郭線として描画される場合、輪郭描画用モデルから輪郭線として切り出される線に対応する線が当該テクスチャから切り出されて描画される。このとき、当該テクスチャから略縦方向又は略横方向に線が切り出されれば、いずれの線も明度の変化を含むことになる。このような線が輪郭線として描画されることで、明度の変化を含む輪郭線が描画される。すなわち、輪郭線のかすれが表現され、より手書き調の輪郭線が描画される。

【0095】図10に示されたテクスチャであれば、いずれの方向に線が切り出されてもその線は明度の変化を含む。しかし切り出される方向によってはほとんど明度が変化しない場合もある。輪郭描画用モデルのどの部分がどの方向に輪郭線として描画されるかは調整できるので、かすれを表現するテクスチャは、主に切り出される方向に応じてその図柄が調整される。

【0096】なお、透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャがマッピングされた輪郭描画用モデルにより輪郭線が描画される場合には、当該輪郭線は透明度の変化を含む。透明度の高い部分にはその割合に応じて背景の色に近い色が描画され、低い部分には例えば黒等の当該テクスチャの色に近い色が描画される。これにより濃淡の変化を含む輪郭線が描画され、輪郭線のかすれが表現される。

【0097】かすれを表現するテクスチャがマッピングされないと判断された場合と、テクスチャがマッピングされる処理が終了した場合は、演算処理部103は輪郭描画用モデル取得処理を終了する（ステップS213）。

【0098】〔輪郭描画用モデル配置処理〕図8のステップS3において輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定され、輪郭描画用モデルの配置処理が行われる。通常輪郭描画用モデルの基準位置は、立体モデルの基準位置に対応する位置に設けられる。そしてその輪郭描画用モデルの基準位置が、立体モデルの基準位置と同一又は近傍に配置されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0099】ここで立体モデルの方向が変化する場合には、輪郭描画用モデルもそれに対応するよう回転変換を含む配置用マトリックスが設定される。立体モデルの形状が変化する場合には、輪郭描画用モデルがそれに対応するように変形処理が行われる。

【0100】この段階において輪郭描画用モデルが対応する立体モデルと同じ大きさである場合には、輪郭描画

用モデルが拡大される。具体的には、輪郭描画用モデルの基準位置を中心として輪郭描画用モデルの各頂点が所定の拡大率に従って拡大変換されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。あるいは逆に、立体モデルが縮小されるとしてもよい。すなわちこの場合には、立体モデルの基準位置を中心として立体モデルの各頂点が所定の縮小率に従って縮小変換されるように、立体モデルの配置用マトリックスが設定される。なお、輪郭描画用モデルが対応する立体モデルより相対的に大きい場合は、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスとして立体モデルの配置用マトリックスをそのまま使用することも可能である。

【0101】このようにすると、最終的には、相対的に大きい輪郭描画用モデルが立体モデルを包含するように配置される。両モデルの配置位置、方向、形状等の関係により、輪郭描画用モデルは完全には立体モデルを包含しない場合も生じ得る。但し、このような場合であっても、包含している部分については輪郭線が描画される。

【0102】なお、この段階では必ずしも配置用マトリックスが設定されている必要は無く、配置される座標、方向及び拡大・縮小率等の頂点変換に必要な各要素が確定していればよい。この場合も、実際の頂点変換は各モデルの描画処理の段階で行われる。

【0103】〔輪郭描画用モデル描画処理〕輪郭描画用モデルの描画処理フローを示す図11では、輪郭描画用モデルの全ての頂点について処理するまで、以下に説明する処理が繰り返し行われる（ステップS503）。繰り返し行われる最初の処理は、1つの頂点についての頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）処理である（ステップS505）。ここではステップS3で求められた輪郭描画用モデルの配置用マトリックスも頂点変換で用いられる。

【0104】例えば、この処理は演算処理部103により命令された幾何演算部207が実施する。ここで注意したいのは輪郭描画用モデルに対しては幾何演算部207が光源計算を実施しない点である。これは輪郭線は光源の位置等によらず描画され、光源計算をするのが無駄だからである。例えば輪郭描画用モデルのマテリアルの色は無視される場合もある。通常この頂点変換は、仮想三次元空間において指定された状態に基づき行われるが、もし輪郭描画用モデルの大きさが立体モデルと同じである場合には、配置処理で設定された配置用マトリックスに従って、この段階において輪郭描画用モデルが拡大変換される場合もある。

【0105】そして、当該頂点を含むポリゴンはおもて面か否かの判断処理が行われる（ステップS507）。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点とその前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで判断される。図12には、表裏判定方について説明するための、立体モデルを

構成する三角形ポリゴンの例が示されている。この例では、図中上部の頂点の頂点番号が0、下部左側の頂点の頂点番号が1、下部右側の頂点の頂点番号が2である。すなわち、上部の頂点から反時計回りに、頂点番号が付与されている。

【0106】実施の形態1では、三角形ポリゴンの各頂点の頂点番号が反時計回りに付与されているように見える面が、おもて面と定義されている（いわゆる右手系）。従って、図12の三角形ポリゴンは、紙面手前方向がおもて面である。おもて面の方向に法線ベクトルがあるとすると、その法線ベクトルと視線ベクトルとの内積の符号によって、三角形ポリゴンの表裏が判定できる。すなわち、内積の符号が負であれば、視点位置に対しておもて面を向けていることになり、内積の符号が正であれば、視点位置に対してうら面を向けていることとなる。

【0107】実際には図13に示されているように、スクリーンに投影された頂点0から頂点1へのベクトルaとスクリーンに投影された頂点0から頂点2へのベクトルbの外積 $a \times b$ が計算され、この外積の結果であるベクトルnの方向にておもて面か否かが判断される。ベクトルnはz軸に平行であり、ベクトルnのz成分の符号を検査すればおもて面か否かが判定される。すなわち、正ならおもてで、負ならうらである。図13左側は三角形の頂点の番号は反時計回りであり、外積の結果であるベクトルnはz軸の正の方向に向いているのでおもてである。一方図13右側は三角形の頂点の番号は時計回りであり、外積の結果であるベクトルnはz軸の負の方向を向いておりうらである。

【0108】実施の形態1における輪郭描画用モデルの場合、輪郭描画用モデルのポリゴンは立体モデルの対応するポリゴンとは表裏が逆になっている。図14には図12のポリゴンに対応し、表裏が反転されたポリゴンが示されている。図14に示す三角形ポリゴンの各頂点には、図中上方、右下、左下の順で0, 1, 2の頂点番号が付与されている。すなわち、対応する三角形ポリゴンには図12とは逆の順番で頂点番号が付与されている。よって、図14では紙面手前がうら面と判定される。なお、実施の形態1ではこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるようにすることも可能である。

【0109】もし、当該頂点を含むポリゴンがうら面であった場合にはステップS503に戻る。当該頂点を含むポリゴンがおもて面であった場合には、かすれを表現するテクスチャをマッピングするか否かが判断される（ステップS509）。

【0110】これはポリゴンに対するテクスチャ・マッピングを意味している。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングする場合には、その頂点に対する、かすれを表現するためのテクスチャのテクスチャ座標が計

算される(ステップS511)。テクスチャ・マッピングを行う場合、既にポリゴンの頂点にはテクスチャ座標(U, V)が指定してあるが、当該ポリゴンがスクリーンに対して斜めに配置されている場合にはテクスチャがスクリーン上で歪んで表示されることがある。この歪みを避けるために、テクスチャ・パースペクティブ処理として、ここでは、 $Q=1/w$ (wはスクリーンからの奥行き)を用いて、 $S=U \times Q$ 、 $T=V \times Q$ の計算が行われる。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングしない場合にはステップS513に移行する。

【0111】そして、例えば図2に示した三角形描画処理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される(ステップS513)。上で述べたように三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを生成する。各頂点のデータは、マテリアルの色、スクリーン座標値、及びステップS511を実施すればテクスチャ座標値である。各画素におけるデータは、マテリアルの色及びステップS511を実施すればテクセル・カラーである。

【0112】但し、この時点でマテリアルの色を無視して、各頂点に輪郭線の色を設定することも可能である。またマテリアルの色を考慮して、輪郭線の色を設定することも可能である。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを使用して、フレーム・バッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0113】隠面消去にはZバッファ211を使用する例を示しているが、図4に示すような簡単なモデルについてはZバッファを使用しない、例えばZソート法のような隠面消去処理を実施しても良い。但し、もっと複雑なモデル、例えば人物の手などが胴体より前に配置されている場合等には、Zバッファを使用した隠面消去を行わないと、正確に輪郭線を描画することは困難である。

【0114】[立体モデル描画処理] 図15に実施の形態1における立体モデルの描画処理のフローを示す。まず、初期設定が行われる(ステップS603)。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル(例えば図5又は図18)が取得される。次に、一つの頂点についての頂点変換(拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換)及び光源計算が行われる(ステップS605)。ここでは立体モデルの配置用マトリックスも頂点変換で用いられる。これは例えば演算処理部103からの命令により幾何演算部207が実行する。立体モデル

のデータは例えばCD-R131に格納されている。

【0115】拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換は、基本的には図8のステップS3において設定された仮想空間内における状態に基づくものである。但し、輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルのサイズを縮小することにより輪郭描画用モデルを相対的に大きくする場合もある。この場合には、ステップS605において縮小変換が実施される。なお、立体モデルの中心に向かって各頂点をその法線に沿って移動させると簡単に縮小できる。ここで透視変換は、世界座標系のポリゴンの各頂点の座標値をスクリーン座標系における座標値に変換するものである。また光源計算は、光源から発せられた仮想的な光線により生じる陰影(輝度)を計算するものである。

【0116】なお、本発明の立体モデル描画処理における光源計算には2つの手法がある。(A)ポリゴンに定義されたマテリアルの色を考慮した手法及び(B)マテリアルの色を考慮しない手法である。(A)の場合には、以下の式で計算する。

20 【数1】

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LightMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LColorMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{nr} & 0 & 0 \\ 0 & P_{ng} & 0 \\ 0 & 0 & P_{nb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (1)$$

30

【0117】但し、 P_{n0} 、 P_{n1} 、 P_{n2} 、 N_{nx} 、 N_{ny} 、 N_{nz} 、 P_{nr} 、 P_{ng} 、 P_{nb} 、 C_{nr} 、 C_{ng} 、 C_{nb} のnはn番目の頂点を示している。 N_{nx} はn番目の頂点における法線のx成分、 N_{ny} はn番目の頂点における法線のy成分、 N_{nz} はn番目の頂点における法線のz成分である。 LightMatrix は正規化光源ベクトルにより作られる行列である。これが、3つまで平行光源を定義できる場合を以下に示す。また、 LColorMatrix は光源から発せられる光線の色を成分として有しており、3つまで光源を定義できる場合を以下に示す。 M はポリゴンのマテリアルの色を意味し、 r g b はその成分を示す。(A)の場合の出力は、 C_{nr} 、 C_{ng} 、 C_{nb} である。

【数2】

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} L_{0x} & L_{0y} & L_{0z} \\ L_{1x} & L_{1y} & L_{1z} \\ L_{2x} & L_{2y} & L_{2z} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} LC_{0r} & LC_{1r} & LC_{2r} \\ LC_{0g} & LC_{1g} & LC_{2g} \\ LC_{0b} & LC_{1b} & LC_{2b} \end{pmatrix} \quad (3)$$

【0118】但し、 L_{0x} 、 L_{0y} 、 L_{0z} は正規化光源ベクトル0の成分であり、 L_{1x} 、 L_{1y} 、 L_{1z} は正規化光源ベクトル1の成分であり、 L_{2x} 、 L_{2y} 、 L_{2z} は正規化光源ベクトル2の成分である。また、光源ベクトル0の光線の色は、 LC_{0r} 、 LC_{0g} 、 LC_{0b} が成分であり、光源ベクトル1の光線の色は、 LC_{1r} 、 LC_{1g} 、 LC_{1b} が成分であり、光線ベクトル2の光線の色は、 LC_{2r} 、 LC_{2g} 、 LC_{2b} が成分である。なお、色の各成分は0.0から1.0の間の値をとる。例えば、光源0のみ存在し、XYZ軸に対して45度の角度で白色光を使用する場合には、以下のような行列となる。

【数3】

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} 0.5773 & 0.5773 & 0.5773 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0119】また(B)の場合には以下の式で計算する。

【数4】

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LightMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LColorMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} \quad (6)$$

【0120】2つの計算式の結果は当然異なっており、(A)の計算結果が正しい。但し、(B)は(A)に比し計算量が少ないので処理を高速化できる。なお、通常画像の質は変わらない。

【0121】次に、当該頂点を含むポリゴンはおもて面か否かが判断される(ステップS607)。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点とその前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで実施される。この判断は輪郭描画用モデルの描画処理で説明した方法を用いることができる。なお、実施の形態1ではこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるよ

うにすることも可能である。

【0122】もし、当該頂点を含むポリゴンがうら面であった場合にはステップS605に戻る。当該頂点を含むポリゴンがおもて面であった場合には、頂点変換及び光源計算が行われた頂点における明度が計算される(ステップS609)。明度の計算ではYIQ変換が行われる。頂点における色を上で述べた(A)の手法にて求めた場合には、以下のような式で計算される。

【数5】

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} \quad (7)$$

【0123】頂点における色を上で述べた(B)の手法にて求めた場合には、以下のような式で計算される。

【数6】

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} \quad (8)$$

【0124】なお、数値の入っている行列は、RGBからYIQへの変換のための3×3行列の第1行目である。念のため3×3行列(変換行列)を以下に示しておく。

【数7】

$$\begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & 0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \quad (9)$$

【0125】図16に透視変換前の立体モデルのデータ構造について示す。図16(a)は立体モデルのデータ構造で、三角形ポリゴンは全部でN個ある。各三角形ポリゴンは、図16(b)に示すように、マテリアルの色(YIQ)と、頂点データ・インデックス(IDX)を3つ有する。ここではマテリアルの色をYIQ系で有することにしているが、RGB系で有していても良い。頂点データIDXを用いれば、図16(c)に示す頂点データ・テーブルから頂点に関する情報を得ることができる。

【0126】頂点データ・テーブルには、各頂点データIDX毎に、当該頂点の三次元座標(P_{nx} 、 P_{ny} 、 P_{nz})と、法線ベクトル(N_{nx} 、 N_{ny} 、 N_{nz})が記憶されている(nは頂点番号)。透視変換を行うと、三角形ポリゴンのデータ構造は変化する。図16(b)に対応

するものを図17に示す。各頂点毎に、スクリーン座標系における座標値(x, y, z)及び当該頂点における色(r, g, b)及びα値を記憶することになる。このα値が記憶される領域にステップS609で計算した明度が記憶される。また、以下で詳細に説明するが、三角形描画処理部205が処理を行う場合には、3つの頂点共色(r, g, b)には明度範囲に対応する描画用色が格納される。なお、明度は0.0から1.0の範囲であるが、α値は0から255の整数であるから、α値としては明度を255倍したものが使用される。

【0127】図15に戻って処理フローを説明する。ステップS609の後に、頂点変換及び光源計算された頂点を含むポリゴンの描画用色が計算される(ステップS611)。ポリゴンの描画用色は、明度範囲テーブルに格納された各明度範囲に対応する基準明度と当該ポリゴンの色とから計算される。例えばポリゴンの色をYIQ系の色として保持している場合には、YIQのうちIQのみを使用し、各基準明度Tnを使用して以下の式で計算される。

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.272 & -0.647 \\ 1.000 & -1.105 & 1.702 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_n \\ I \\ Q \end{pmatrix} \quad (10)$$

【0128】基準明度Tnが3つあれば(T1, T2, T3)、描画用色は3つ求まる。なお、ポリゴンの色をYIQ系の色として保持していない場合、すなわちRGB系の色として保持している場合には、上で示した変換行列でRGBからYIQへ変換する計算が行われる。また、計算結果は異なるが、高速に描画用色を計算する必要がある場合には、以下のような計算が行われる。

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = T_n \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (11)$$

【0129】Mはポリゴンのマテリアルの色という意味である。上の2式では計算結果が異なり、画質も少し異なるが、二番目の方がほぼ同様の画像を高速に得ることができる。

【0130】次に明度範囲テーブルの明度範囲が一つ選択される(ステップS613)。なお本実施の形態では図5に示した明度範囲テーブルを用いているが、図18のような明度範囲テーブルを用いることもできる。図18は上限及び下限により明度範囲が指定されたテーブルの例を示している。すなわち、明度範囲の上限1.00と下限0.75に対して基準明度0.75、明度範囲の上限0.74と下限0.50に対して基準明度0.50、明度範囲の上限0.49と下限0.00に対して基準明度0.25が設定されている。このような明度範囲テーブルを使用する場合には上限及び下限を含む明度範囲をランダムに選択し、設定することができる。但し図

18は少数第2位まで有効なコンピュータの場合を示している。以下で説明する明度比較処理において各画素の明度と上限及び下限の2つの明度値との比較が簡単に行えない場合には、明度範囲が例えば図18の上から順番に選択される。そしてこの場合下限値のみで処理される。

【0131】この後、このポリゴンの頂点における明度が補間され、当該ポリゴン内部の各画素における明度(ポリゴンにおける明度分布)が計算される。頂点の色も補間されるが、3頂点共同じ描画用色なので補間しても結果は同じである。そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で当該画素が描画される(ステップS615)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS613及びS615は、全ての明度範囲について処理するまで繰り返される(ステップS617)。

【0132】例えばピクセルカラー処理部209が上限及び下限の2つの明度値を取り扱うことができない場合には、Zバッファ211を併用することにより同一の効果を得ることができる。Zバッファ211は隠面消去に使われるが、本実施の形態ではZバッファ211の併用が明度の上限値と比較した場合と同様の効果を奏する。

【0133】例えば図5のような明度範囲テーブルがあった場合には、まずしきい値0.75が選択される。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴンの各頂点の明度及び座標(Z値を含む)を補間して、各画素の明度及び座標(Z値を含む)を計算して行く。なお、3頂点とも色をしきい値0.75に対応する描画用色に設定しておく、補間を行っても各画素の色は描画用色になる。

【0134】演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.75とを比較し且つ補間により求められたその画素のZ値とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。もし画素の明度がしきい値0.75以上で且つ補間により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.75に対応する描画用色を書き込む。

【0135】このポリゴンの描画が初めてで、明度が0.75以上であれば描画用色が書き込まれる。図19(a)に、三角形ポリゴン1011及び三角形ポリゴン1012の2つの例を示している。三角形ポリゴン1011の頂点P11、P12、P13のそれぞれの明度は0.0、1.0、1.0に設定されている。また三角形ポリゴン1012の頂点P21、P22、P23のそれ

ぞれの明度は0.0、0.5、1.0に設定されている。上で述べた処理を実施すると、各三角形ポリゴン内の塗られている部分が描画用色で彩色される。

【0136】次に、しきい値0.5を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴン内部の各画素の明度及び座標（Z値を含む）を計算する。演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.5とを比較し且つ計算により求められたその画素のZ値とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。もし画素の明度がしきい値0.5以上で且つ計算により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.5に対応する描画用色を書き込む。

【0137】もし、Zバッファ211を使用しないと、図19（b）のように、明度1.0から0.5の領域がしきい値0.5に対応する描画用色で彩色されてしまう。明度0.75以上の領域については、Zバッファ211に格納されたZ値と計算により求められたZ値とは同じであるから、明度0.75以上の領域についてはしきい値0.5に対応する描画用色はフレーム・バッファ213に書き込まれない。すなわち、図19（c）に示したように、明度0.5から0.74の領域と明度0.75以上の領域には異なる描画用色が彩色される。

【0138】図5の例で、しきい値0.0について同じように処理を行った結果を図20に示す。図20における三角形ポリゴン1011の頂点P11、P12、P13のそれぞれの明度は0.0、1.0、1.0に設定されている。また三角形ポリゴン1011の頂点P21、P22、P23のそれぞれの明度は0.0、0.5、1.0に設定されている。点線で囲まれた数字すなわち0.5及び0.75は明度のしきい値を示している。このように各三角形ポリゴンは3つの領域に分けられて描画用色が彩色されることになる。

【0139】図21にグーローシェーディングの結果を示す。図21における三角形ポリゴン1021の頂点P31、P32、P33のそれぞれの明度は0.0、1.0、1.0に設定されている。また三角形ポリゴン1022の頂点P41、P42、P43のそれぞれの明度は0.0、0.5、1.0に設定されている。すなわち各頂点の明度はそれぞれ図20に示した三角形ポリゴン1011及び1012と同じである。しかし、グーローシェーディングでは補間により滑らかに明度が変化しているのに対し、図20では区分けされた領域の境界のみ明度が変化する。すなわち、明度がフラットである領域が3つ存在しており、セルアニメ調になっていることがわかる。

【0140】なお、明度範囲テーブルの最も小さい下限

値の値が0.0でない場合もある。ポリゴン内で何も色が付されていない部分を無くするため、図15ステップS617の繰り返しにおいては、最後の繰り返しで下限値を0.0にしてステップS615が実施される。

【0141】以上ステップS605乃至S617までが、立体モデルの全ての頂点について処理するまで繰り返され、結果として全てのポリゴンについて処理するまで繰り返される（ステップS619）。

【0142】上で述べた明度範囲テーブルは立体モデルごとに最適なものを作成する方がよい。但し、立体モデルをいくつかのカテゴリに分けて、そのカテゴリ毎に明度範囲テーブルを用意するようにしても良い。明度範囲テーブルに含まれる明度範囲数は、現実のセルアニメに合わせて、2又は3にすることが考えられる。但し、以上述べたような処理では図15のステップS617における繰り返し回数が増えるだけであるから、2以上のいずれの数にすることも容易に可能である。但し、繰り返し回数が増えるので数が増えれば処理は遅くなって行く。

【0143】以上のような処理を実施すると、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、立体モデルについてはセルアニメ調の画像を得ることができるようになる。また、実施の形態1で導入された輪郭描画用モデルは、立体モデルの後ろの面のうち立体モデルに隠れない部分が描画されるので、その部分が輪郭線としてレンダリングされる。実施の形態1では、輪郭線の描画には、輪郭描画用モデルを導入するだけで通常レンダリング処理とほぼ同様の処理を行うことにより簡単に輪郭線を描画できるようになる。

30 【0144】2. 実施の形態2

実施の形態2は実施の形態1と異なり、立体モデルに対する描画用色をリアルタイムで計算するのではなく、予め計算しておき、データとして格納しておく。このようにすれば、実施の形態1より処理速度が速くなる。なお、実施の形態1ではポリゴンのマテリアルの色と明度範囲テーブルの基準明度から計算していたので、ポリゴン1つ当たり一色分のデータを有していれば良かったが、実施の形態2ではポリゴン1つ当たり明度範囲テーブルの行数分の色データを保持する必要がある。輪郭描画用モデルの処理については実施の形態1と同じである。

【0145】本発明の実施の形態2の概略を図22の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態2として図示したレンダリング装置には、輪郭描画用モデル描画部450と立体モデル描画部490が含まれる。この輪郭描画用モデル描画部450には、輪郭描画用モデル取得部300と、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部305と、輪郭描画用モデル処理部310と、かすれ表現テクスチャマッピング部315と、立体モデル描画部490と共用されるピクセル処理部430とが含まれる。これらの各機能は、上で述べた順番でデータの受け

渡しを行っている。なお、輪郭描画用モデル取得部300と、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部305と、輪郭描画用モデル処理部310と、かすれ表現テクスチャマッピング部315は、実施の形態1と同じである。

【0146】また、立体モデル描画部490には、頂点変換及び光源計算部460と、明度計算部465と、明度範囲テーブル475と、描画用色格納部470と、明度範囲設定部480と、輪郭描画用モデル描画部450と共用されるピクセル処理部430が含まれる。頂点変換及び光源計算部460の出力は明度計算部465へ入力される。明度計算部465の出力はピクセル処理部430へ入力される。明度範囲テーブル475は、明度範囲設定部480に参照される。描画用色格納部470及び明度範囲設定部480の出力はピクセル処理部430へ入力される。輪郭描画用モデル描画部450と立体モデル描画部490が共用するピクセル処理部430には、立体モデル描画処理で用いられる明度比較部433と、輪郭描画用モデル描画処理及び立体モデル描画処理の両方で用いられる隠面消去処理部437とが含まれる。

【0147】輪郭描画用モデル取得部300は、実施の形態1と同じであり、例えば三角形ポリゴンで構成された立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを生成する。なお、輪郭描画用モデルが予め生成されている場合には、輪郭描画用モデル取得部300は、当該予め生成されている、三角形ポリゴンで構成された輪郭描画用モデルを読み出す。なお、取得される輪郭描画用モデルの各面は、立体モデルの対応する面とは表裏が逆になっている。また、輪郭描画用モデルは立体モデルより大きく、輪郭線用の所定の配色にて定義される。

【0148】なお、輪郭描画用モデルは、最終的には対応する立体モデルより相対的に大きくなければならないが、この段階における輪郭描画用モデルの大きさは立体モデルと同じ場合もある。この場合は、輪郭描画用モデル及び立体モデルが描画されるまでに、輪郭描画用モデルが立体モデルより相対的に大きく描画されるよう処理される。また、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルのマテリアルの色をそのまま引き継ぐ場合もある。この場合、描画用の色は別に指定される。

【0149】この輪郭描画用モデルの基準位置は、通常対応する立体モデルの基準位置と同じ又はその近傍に位置するように定義される。

【0150】そして、実施の形態1と同じである輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部305が、仮想空間内の輪郭描画用モデル基準位置530を、立体モデル基準位置520と同じ位置に配置するための配置用マトリックスを設定する。すなわち、図4に示すように、輪郭描画用モデル510の配置用マトリックスを、輪郭描画用モデル基準位置530を立体モデル基準位置520

の座標に平行移動させる変換を含むように設定することで、立体モデル500を包含する位置に輪郭描画用モデル510が配置される。

【0151】輪郭描画用モデル処理部310は、実施の形態1と同じであり、輪郭描画用モデルの各頂点につき、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し、且つ輪郭描画用モデルの各ポリゴンの表裏判定を実施する。この頂点変換には上で述べた配置用マトリックスも用いられる。なお、ここで光源計算は実施されない。例えば、仮想三次元空間である仮想空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル取得部300において立体モデルと同じ大きさの輪郭描画用モデルを取得した場合には、輪郭描画用モデル処理部310は、輪郭線描画用モデルのサイズを拡大するための頂点変換を実施する。ここで拡大した場合も立体モデルと輪郭描画用モデルの関係は図4のようになる。

【0152】また、ポリゴンの表裏判定は、カメラ550からの視線540の方向と同じ方向がおもて面の方向であるポリゴンを描画の対象から外すために行われる。

【0153】かすれ表現テクスチャマッピング部315は、実施の形態1と同じであり、結果的に描画される輪郭線がかすれているような線になるように、輪郭描画用モデルにかすれ表現用テクスチャをマッピングするための処理を実施するものである。このかすれ表現用テクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャである。なお、必ずしも輪郭線がかすれている必要は無いので、かすれ表現テクスチャマッピング部315の処理は選択的に実施される。

【0154】立体モデル描画部490の頂点変換及び光源計算部460は、仮想三次元空間に配置される立体モデルの面を構成する三角形ポリゴンの各頂点について頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し（三角形ポリゴンが描画される領域を計算し）、頂点変換された三角形ポリゴンの各頂点について光源計算を行う。また、立体モデル描画部490の頂点変換及び光源計算部460は立体モデルの各三角形ポリゴンの表裏判定も行う。

【0155】立体モデル描画部490の頂点変換及び光源計算部460においても、仮想三次元空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル処理部310で処理された後の輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルが輪郭描画用モデルに対して相対的に小さくなるように立体モデルのサイズを縮小するための頂点変換が実施される。

【0156】頂点変換及び光源計算部460が立体モデルの縮小処理を行った場合も立体モデル500と輪郭描画用モデル510の関係は図4のようになる。また、面の表裏判定は、輪郭描画用モデル処理部310と同じ

で、立体モデルの面のうちカメラの視線方向と同じ方向がおもて面の方向である面を描画対象から除外する。

【0157】明度計算部465は、頂点変換及び光源計算部460が計算した三角形ポリゴンの各頂点における色から明度を計算する。通常頂点変換及び光源計算部460はRGB系における色を計算するので、明度計算部465はこのRGBをYIQ変換して明度Yを求める。この三角形ポリゴンの各頂点における明度は、ピクセル処理部430に出力される。

【0158】明度範囲テーブル475は、実施例1と同じように、例えば図5のようなテーブルである。なお、ここでは明度は0から1までの実数値をとるものとする。しきい値ではなく、上限及び下限による範囲の指定でも良い（例えば図18参照）。

【0159】描画用色格納部470は、例えば図5のような明度範囲テーブルを使用する場合には、各ポリゴンにつき3つの描画用色データを保管する必要がある。図23に示すように、各ポリゴンにつき、第1の明度範囲に対応する描画用色（r、g、b）と、第2の明度範囲に対応する描画用色（r、g、b）と、第3の明度範囲に対応する描画用色（r、g、b）と、当該ポリゴンを構成する頂点0の頂点データ1DXと、同じく頂点1の頂点データ1DXと、頂点2の頂点データ1DXとが、先に述べた図16（b）の代わりに保管される。これらのデータが立体モデルのポリゴンの数だけ用意される。

【0160】ピクセル処理部430は、明度範囲設定部480により設定された明度範囲に対応する描画用色を描画用色格納部470から取り出す。描画用色格納部470は例えばCD-R131であり、立体モデル・データ137の要素として格納される。

【0161】明度範囲設定部480は、明度範囲テーブル475の1つのしきい値を選択して、ピクセル処理部430に設定する。明度範囲設定部480は、図5のような明度範囲テーブル475をそのまま使用する場合には上から順番に一つずつ設定していく。しきい値ではなく上限及び下限による範囲が指定されている場合には、ランダムに選択・設定可能である。

【0162】輪郭描画用モデル描画部450と立体モデル描画部490に共用されるピクセル処理部430は、三角形ポリゴン内の各画素における色又は明度を、三角形ポリゴンの各頂点の色又は明度を補間して求める処理を実施する。補間の方式は、グーロー・シェーディングのアルゴリズムでも、フォン・シェーディングのアルゴリズムでも良い。

【0163】ピクセル処理部430は、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン进行处理する場合には、隠面消去処理部437を用いて隠面消去処理を実施しつつ、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン内の各画素の色を決定する。

【0164】例えば図4の場合には、立体モデル500

のカメラ550に最も近い2つの面501及び502が描画され、輪郭描画用モデルのカメラ550から遠い4つの面513、514、515及び516が描画される。輪郭描画用モデル510のこの4つの面は、カメラ550から見ると立体モデル500から左右にはみ出しているため、はみ出している部分のみが隠面消去されずに描画される。このはみ出している部分が輪郭線となる。なお、ピクセル処理部430は、輪郭描画用モデルの MATERIAL の色を考慮して色を決定する。但し、この MATERIAL の色を全く無視して輪郭線の色（黒又は暗い輪郭線用の色）を輪郭描画用モデルの色とする場合もある。

【0165】一方、ピクセル処理部430は、立体モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン进行处理する場合には、まず明度計算部465から出力された三角形ポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度を計算する。

【0166】そして、明度比較部433は各画素における明度と明度範囲設定部480が設定したしきい値とを比較する。もしその画素における明度がしきい値以上であれば、ピクセル処理部430は、このしきい値に対応する基準明度に基づく描画用色で当該画素を描画する。この描画処理の際には、隠面消去処理部437を用いて隠面消去処理をも実施する。もしその画素における明度がしきい値未満であれば、この画素をこの段階では描画しない。明度範囲設定部480が明度範囲テーブル475の全てのしきい値をピクセル処理部430に設定し、それに対応してピクセル処理部430が三角形ポリゴン内の全ての画素について描画処理を行えば、三角形ポリゴン内部が図5の例では3段階に塗り分けられる。この処理を立体モデルの全ての三角形ポリゴンについて実施する。

【0167】次に、実施の形態2についての処理フローを説明する。なお、以下の処理は、演算処理部103（図1）がコンピュータ本体101内の他の要素を制御して実施される処理である。

【0168】〔CD-R記録処理〕実施の形態2における、予め行われる輪郭描画用モデルの生成処理は、図6と同じである。処理が開始すると、HDD107に予め記憶された立体モデルのデータが読み出され（ステップS303）、変換対象モデルとして取得される。

【0169】次に、この変換対象モデルのサイズがひとまわり大きくなるよう拡大される（ステップS305）。例えば、変換対象モデルの各頂点の法線方向に、当該変換対象モデルの全長の2パーセントの長さだけ当該頂点が移動され、全体として2パーセント程度拡大される。この拡大率がより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、拡大率がより小さく、変換対象モデルがわずかに拡大されただけである場合には輪郭線はより細く描画される。更に、均一でなく一部がより拡大されれば、

より拡大された部分の輪郭線のみが太く描画される。このサイズの調整は、通常立体モデルの製作者により行われるので、当該製作者の意図を反映した輪郭線を描画することができる。

【0170】なお、立体モデルの各頂点の法線が定義されていない場合には、当該頂点を共有する各面の法線を補間することにより求められる当該頂点の法線を用いて、当該頂点を当該頂点の法線方向に移動させることもできる。また、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させることもできる。しかし単純に面が移動されただけである場合には、面と面との間に隙間が生じてしまうので、それを埋めるための処理が別途必要になる。更に、通常立体モデルには基準位置が定義されているので、対応する変換対象モデルの基準位置を中心に、変換対象モデルの各頂点を移動させることもできる。

【0171】次に、変換対象モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、彩度は同じで明度を低くした色に設定される（ステップS307）。なお、各ポリゴンがすべて黒などの単一色に設定されるとしてもよい。また、かすれ表現用テクスチャをマッピングするための設定がされるとしてもよい。マテリアルの色は製作者により調整されるので、当該製作者の意図した色で輪郭線を描画することができる。

【0172】次に、変換対象モデルの各ポリゴンの表裏を反転する（ステップS309）。具体的には、変換対象モデルを構成する各三角形の頂点が定義されている順番を一ヶ所入れ替える。

【0173】ここまでで変換された変換対象モデルのデータを、輪郭描画用モデル・データとしてHDD107に記憶し（ステップS311）、輪郭描画用モデル生成処理を終了する（ステップS313）。

【0174】次に、HDD107に記憶された、立体モデル・データ及び輪郭描画用モデル・データを含む各種データが、CD-Rドライブ113によりCD-R131に書き込まれる。CD-R131に書き込まれたデータの例を模式的に示した図7は、実施の形態2でも同じである。

【0175】【全体の処理フロー】実施の形態2の全体の処理フローは、図8に示された限りにおいて実施の形態1と同じである。まず、処理が開始すると、初期設定が行われる（ステップS2）。この初期設定の処理には、後に詳述する輪郭描画用モデルのデータ取得処理（図9）や、描画すべき立体モデルのデータ取得処理が含まれる。そして、仮想空間内の状態が設定される（ステップS3）。この処理は、例えば視点の位置が変更されたり、光源の位置が変更されたり、モデルが移動させたり、モデルが変形された場合に、それに応じて仮想空間内の状態を変更する処理である。この処理が行われることで、立体モデル及び輪郭描画用モデルの位置座標・方向・拡大率・縮小率等の決定処理が行われる。より具

体的には立体モデル及び輪郭描画用モデルの配置用マトリックス（図11で使用）の決定処理が行われる。また入力装置161（図1）のキー操作等に従ってステップS4の輪郭線描画か否かの設定がこのステップS3で行われる。

【0176】次に、輪郭線を描画するか否かの判断処理が行われる（ステップS4）。これは上で述べたように入力装置161のキー操作等による設定又は他のプログラムによる設定に基づき判断される。そして、輪郭線を描画すると判断された場合には、輪郭線描画用モデルの描画処理が実施される（ステップS5）。これについては後に図11を用いて説明する。そして輪郭線が描画される場合も描画されない場合も立体モデルの描画処理が実施される（ステップS6）。この処理についても後に図24を用いて説明する。このステップS3乃至S6が処理終了まで繰り返し実施される（ステップS7）。処理終了であるか否かは、処理を終了すべき旨の操作入力が行われたか否かによって判断される。

【0177】【輪郭描画用モデル取得処理】図9に示された、輪郭描画用モデルの取得処理は、実施の形態2でも同じである。ここではまず、輪郭描画用モデルが生成されるか否かが判断される（ステップS203）。輪郭描画用モデルを予め用意しておく場合と輪郭描画用モデルをこの段階にて生成する場合が存在するためである。ここでこの判断は、例えば立体モデルに対応した輪郭描画用モデルがCD-R131に格納されているか否かを判定する事により実施される。格納されていると判断されれば輪郭描画用モデルは生成されないと判断され、格納されていないと判断されれば、輪郭描画用モデルは生成されると判断される。

【0178】輪郭描画用モデルが生成されないと判断された場合には、CD-R131に格納されている輪郭描画用モデルのデータが読み出される（ステップS207）。この輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、上で図4及び図6を用いて説明されたように、立体モデルの対応するポリゴンとは表裏が反転されたものである。また読み出される輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく定義される。更に、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルより暗い色で定義される。

【0179】もし輪郭描画用モデルが生成されると判断された場合には、輪郭描画用モデルを生成する処理が行われる（ステップS205）。ステップS207と同じように、この段階において輪郭描画用モデルが生成される場合においても、輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、上で図4を用いて説明されたように、立体モデルの対応するポリゴンとは表裏反転したものにす。

【0180】輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく生成される。ステップS305（図6）と同じように、例えば立体モデルの各頂点の

法線方向に当該頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成される。輪郭描画用モデルが立体モデルに比してより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、輪郭描画用モデルが立体モデルよりわずかに大きいだけである場合は輪郭線はより細く描画される。

【0181】なお、この時点では、輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで生成されるとしてもよい。この場合には本輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルは拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが拡大変換を含むように当該配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0182】一方、輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色は、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色をより暗くした色で生成される。なお、ステップS307（図6）の説明で述べられているのと同様に、この時点では、生成される輪郭描画用モデルの色は定義されていなくてもよい。あるいは、輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色と同一であっても良い。この場合、輪郭描画用モデルの描画処理の際に、輪郭描画用モデルの色は考慮されず、例えば黒などの別途定義された色か、かすれを表現するテクスチャの色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0183】次に、輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされるか否かが判断される（ステップS209）。ステップS205で輪郭描画用モデルが生成された場合には、対応する立体モデルのデータに基づいて当該判断が実施される。一方、ステップS207で輪郭描画用モデルが読み出された場合には、読み出された輪郭描画用モデルのデータに基づいて当該判断が実施される。かすれを表現するテクスチャがマッピングされると判断された場合には、ステップS211にて輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされる。すなわち、ポリゴンの各頂点にテクスチャ座標（U、V）が設定される。

【0184】なお、上でも述べたように、かすれを表現するテクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有する。図10には明度の変化を含むテクスチャの一例が示されている。これは黒地に白の斜線が細かく入った図柄を有するテクスチャである。黒部分の明度は低く、白部分の明度は高いので、図10に示されたテクスチャは明度の変化を含んでいる。このような線が輪郭線として描画されることで、明度の変化を含む輪郭線が描画さ

れる。すなわち、輪郭線のかすれが表現され、より手書き調の輪郭線が描画される。

【0185】かすれを表現するテクスチャがマッピングされない判断された場合と、テクスチャがマッピングされる処理が終了した場合は、演算処理部103は輪郭描画用モデル取得処理を終了する（ステップS213）。

【0186】〔輪郭描画用モデル配置処理〕図8のステップS3において輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定され、輪郭描画用モデルの配置処理が行われる。通常輪郭描画用モデルの基準位置は、立体モデルの基準位置に対応する位置に設けられる。そしてその輪郭描画用モデルの基準位置が、立体モデルの基準位置と同一又は近傍に配置されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0187】ここで立体モデルの方向が変化する場合には、輪郭描画用モデルもそれに対応するよう回転変換を含む配置用マトリックスが設定される。立体モデルの形状が変化する場合には、輪郭描画用モデルがそれに対応するように変形処理が行われる。

【0188】この段階において輪郭描画用モデルが対応する立体モデルと同じ大きさである場合には、輪郭描画用モデルが拡大される。具体的には、輪郭描画用モデルの基準位置を中心として輪郭描画用モデルの各頂点が所定の拡大率に従って拡大変換されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。あるいは逆に、立体モデルが縮小されるとしてもよい。すなわちこの場合には、立体モデルの基準位置を中心として立体モデルの各頂点が所定の縮小率に従って縮小変換されるように、立体モデルの配置用マトリックスが設定される。なお、輪郭描画用モデルが対応する立体モデルより相対的に大きい場合は、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスとして立体モデルの配置用マトリックスをそのまま使用することも可能である。

【0189】このようにすると、最終的には、相対的に大きい輪郭描画用モデルが立体モデルを包含するように配置される。両モデルの配置位置、方向、形状等の関係により、輪郭描画用モデルは完全には立体モデルを包含しない場合も生じ得る。但し、このような場合であっても、包含している部分については輪郭線が描画される。

【0190】なお、この段階では必ずしも配置用マトリックスが設定されている必要は無く、配置される座標、方向及び拡大・縮小率等の頂点変換に必要な各要素が確定していればよい。この場合も、実際の頂点変換は各モデルの描画処理の段階で行われる。

【0191】〔輪郭描画用モデル描画処理〕図11に示された、輪郭描画用モデルの描画処理フローは、実施の形態2でも同じである。図11では、輪郭描画用モデルの全ての頂点について処理するまで、以下に説明する処理が繰り返し行われる（ステップS503）。繰り返し

行われる最初の処理は、1つの頂点についての頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）処理である（ステップS505）。ここではステップS3で求められた輪郭描画用モデルの配置用マトリックスも頂点変換で用いられる。

【0192】例えば、この処理は演算処理部103により命令された幾何演算部207が実施する。ここで注意したいのは輪郭描画用モデルに対しては幾何演算部207が光源計算を実施しない点である。これは輪郭線は光源の位置等によらず描画され、光源計算をするのが無駄だからである。例えば輪郭描画用モデルの材料の色は無視される場合もある。通常この頂点変換は、仮想三次元空間において指定された状態に基づき行われるが、もし輪郭描画用モデルの大きさが立体モデルと同じである場合には、配置処理で設定された配置用マトリックスに従って、この段階において輪郭描画用モデルが拡大変換される場合もある。

【0193】そして、当該頂点を含むポリゴンはおもて面か否かの判断処理が行われる（ステップS507）。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点とその前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで判断される。おもて面の方向に法線ベクトルがあるとすると、その法線ベクトルと視線ベクトルとの内積の符号によって、三角形ポリゴンの表裏が判定できる。すなわち、内積の符号が負であれば、視点位置に対しておもて面を向けていることになり、内積の符号が正であれば、視点位置に対してうら面を向けていることとなる。なお、実施の形態2ではこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるようにすることも可能である。

【0194】もし、当該頂点を含むポリゴンがうら面であった場合にはステップS503に戻る。当該頂点を含むポリゴンがおもて面であった場合には、かすれを表現するテクスチャをマッピングするか否かが判断される（ステップS509）。

【0195】これはポリゴンに対するテクスチャ・マッピングを意味している。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングする場合には、その頂点に対する、かすれを表現するためのテクスチャのテクスチャ座標が計算される（ステップS511）。テクスチャ・マッピングを行う場合、既にポリゴンの頂点にはテクスチャ座標（U、V）が指定してあるが、当該ポリゴンがスクリーンに対して斜めに配置されている場合にはテクスチャがスクリーン上で歪んで表示されることがある。この歪みを避けるために、テクスチャ・パースペクティブ処理として、ここでは、 $Q = 1/w$ （wはスクリーンからの奥行き）を用いて、 $S = U \times Q$ 、 $T = V \times Q$ の計算が行われる。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングしない場合にはステップS513に移行する。

【0196】そして、例えば図2に示した三角形描画処

理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される（ステップS513）。上で述べたように三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを生成する。各頂点のデータは、材料の色、スクリーン座標値、及びステップS511を実施すればテクスチャ座標値である。各画素におけるデータは、材料の色及びステップS511を実施すればテクセル・カラーである。

【0197】但し、この時点で材料の色を無視して、各頂点に輪郭線の色を設定することも可能である。また材料の色を考慮して、輝度を設定することも可能である。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを使用して、フレーム・バッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0198】〔立体モデル描画処理〕図24に実施の形態2における立体モデル描画処理のフローを示す。図15との差異は、図24のステップS633の初期設定の処理内容が図15のステップS603の処理内容と異なる点と、図15のステップS611が図24のステップS641と置き換わった点にある。すなわち、図15ではその都度描画用色が計算されたが、実施の形態2では予め計算且つ格納されているので、ステップS633において描画する立体モデル用の描画用色データを予めメモリ105に取り込む処理が必要となる。また、ステップS641においてポリゴンの描画用色を読み出す処理が必要となる。なお、ステップS641をステップS635及びS639の前に行っても、ステップS643の後に行っても、それらのステップと並行して行っても良い。予め計算且つ格納されているので、実際に使用するまでに読み出されれば良い。

【0199】図24ではまず、初期設定が行われる（ステップS633）。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル（例えば図5又は図18）が取得される。また、立体モデルの描画用色データが取得される。次に、一つの頂点についての頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）及び光源計算が行われる（ステップS635）。ここでは立体モデルの配置用マトリックスも頂点変換で用いられる。これは例えば演算処理部103からの命令により幾何演算部207が実行する。立体モデルのデータは例えばCD-R131に格納されている。

【0200】拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換は、基本的には図8のステップS3において設定された仮想空間内における状態に基づくものである。但し、輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルのサイズを縮小することにより輪郭描画用モデルを相対的に大きくする場合もある。この場合に

は、ステップS635において縮小変換が実施される。なお、立体モデルの中心に向かって各頂点をその法線に沿って移動させると簡単に縮小できる。

【0201】なお、実施の形態1で述べた、本発明の立体モデル描画処理における光源計算の2つの手法は実施の形態2でもそのまま適用することができる。

【0202】次に、当該頂点を含むポリゴンはおもて面か否かが判断される(ステップS637)。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点とその前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで実施される。この判断は輪郭描画用モデルの描画処理で説明した方法を用いることができる。なお、実施の形態2ではこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるようにすることも可能である。

【0203】もし、当該頂点を含むポリゴンがうら面であった場合にはステップS635に戻る。当該頂点を含むポリゴンがおもて面であった場合には、頂点変換及び光源計算が行われた頂点における明度が計算される(ステップS639)。明度の計算ではYIQ変換が行われ

る。

【0204】そして、頂点変換及び光源計算された頂点を含むポリゴンの描画用色が、例えばメモリ105から読み出される(ステップS641)。読み出される描画用色のデータは予め計算されるわけであるが、この予め計算する際の計算方法は、実施の形態1で説明した2つの方法のいずれでもよいし、又別の方法であってもよい。さらに、描画用色を一つ一つ定義していてもよい。実施の形態2では描画用色を予め用意しておくので、実行速度は速くなるが、用意されている描画用色以外の色に変更することは簡単にはできない。これに対し、実施の形態1のように明度範囲テーブルに定義されている基準明度を使用して実行時に計算する場合には、明度範囲テーブルを変更する又は基準明度を変更するだけで描画用色を適宜変更することができる。

【0205】次に明度範囲テーブルの明度範囲が一つ選択される(ステップS643)。なお本実施の形態では図5に示した明度範囲テーブルを用いているが、図18のような明度範囲テーブルを用いることもできる。このような明度範囲テーブルを使用する場合には上限及び下限を含む明度範囲をランダムに選択し、設定することができる。但し図18は少数第2位まで有効なコンピュータの場合を示している。以下で説明する明度比較処理において各画素の明度と上限及び下限の2つの明度値との比較が簡単に行えない場合には、明度範囲が例えば図18の上から順番に選択される。そしてこの場合下限値のみで処理される。

【0206】この後、このポリゴンの頂点における明度が補間され、当該ポリゴン内部の各画素における明度(ポリゴンにおける明度分布)が計算される。頂点の色

も補間されるが、3頂点共同じ描画用色なので補間しても結果は同じである。そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で当該画素が描画される(ステップS645)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS643及びS645は、全ての明度範囲について処理するまで繰り返される(ステップS647)。

【0207】例えばピクセルカラー処理部209が上限及び下限の2つの明度値を取り扱うことができない場合には、Zバッファ211を併用することにより同一の効果を得ることができる。Zバッファ211は隠面消去に使われるが、本実施の形態ではZバッファ211の併用が明度の上限値と比較した場合と同様の効果を奏する。

【0208】なお、明度範囲テーブルの最も小さい下限値の値が0.0でない場合もある。ポリゴン内で何も色が付されていない部分を無くするため、図24ステップS647の繰り返しにおいては、最後の繰り返しで下限値を0.0にしてステップS645が実施される。

【0209】以上ステップS635乃至S647までが、立体モデルの全ての頂点について処理するまで繰り返され、結果として全てのポリゴンについて処理するまで繰り返される(ステップS649)。

【0210】以上のような処理を実施すると、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、立体モデルについてはセルアニメ調の画像を得ることができるようになる。特に、実施の形態2は実施の形態1より更に高速化されている。また、実施の形態2で導入された輪郭描画用モデルは、立体モデルの後ろの面のうち立体モデルに隠れない部分が描画されるので、その部分が輪郭線としてレンダリングされる。実施の形態2では、輪郭線の描画には、輪郭描画用モデルを導入するだけで通常レンダリング処理とほぼ同様の処理を行うことにより簡単に輪郭線を描画できるようになる。

【0211】3. 実施の形態3

実施の形態3では、実施の形態1及び2とは異なり、輪郭描画用モデルの各ポリゴンは立体モデルの対応するポリゴンに対し表裏が反転されない。但し、輪郭描画用モデルの場合には、描画対象の面を判定するための処理の基準を反転させて、実施の形態1及び2と同じ効果を生じさせるものである。立体モデルの処理については実施の形態1と同じである。

【0212】本発明の実施の形態3の概略を図25の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態3として図示したレンダリング装置には、輪郭描画用モデル描画部750と立体モデル描画部790が含まれる。この輪郭描画用モデル描画部750には、輪郭描画用モデル取得部700と、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定

55

部705と、輪郭描画用モデル処理部710と、かすれ表現テクスチャマッピング部715と、立体モデル描画部790と共用されるピクセル処理部730とが含まれる。これらの各機能は、上で述べた順番でデータの受け渡しを行っている。

【0213】また、立体モデル描画部790には、頂点変換及び光源計算部360と、明度計算部365と、明度範囲テーブル375と、描画用色計算部370と、明度範囲設定部380と、輪郭描画用モデル描画部750と共用されるピクセル処理部730とが含まれる。頂点変換及び光源計算部360と、明度計算部365と、明度範囲テーブル375と、描画用色計算部370と、明度範囲設定部380は、実施の形態1と同じである。頂点変換及び光源計算部360の出力は明度計算部365へ入力される。明度計算部365の出力はピクセル処理部330へ入力される。明度範囲テーブル375は、描画用色計算部370及び明度範囲設定部380の両方に参照される。描画用色計算部370及び明度範囲設定部380の出力はピクセル処理部730へ入力される。輪郭描画用モデル描画部750と立体モデル描画部790が共用するピクセル処理部730には、立体モデル描画処理で用いられる明度比較部733と、輪郭描画用モデル描画処理及び立体モデル描画処理の両方で用いられる隠面消去処理部737とが含まれる。

【0214】輪郭描画用モデル取得部700は、例えば三角形ポリゴンで構成された立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを生成する。なお、輪郭描画用モデルが予め生成されている場合には、輪郭描画用モデル取得部700は、当該予め生成されている、三角形ポリゴンで構成された輪郭描画用モデルを読み出す。実施の形態3は実施の形態1及び2とは異なり、取得される輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、立体モデルの対応するポリゴンと表裏が同じである。また輪郭描画用モデルは立体モデルより大きく、輪郭線の所定の配色にて定義される。なお、輪郭描画用モデルは、最終的には対応する立体モデルより相対的に大きくなければならないが、この段階における輪郭描画用オブジェクトの大きさは立体モデルと同じ場合もある。この場合には、輪郭描画用モデルと立体モデルが描画されるまでに、輪郭描画用モデルが立体モデルより相対的に大きく描画されるよう処理される。

【0215】また、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルのマテリアルの色をそのまま引き継ぐ場合もある。この場合は描画用色は別に指定される。この輪郭描画用モデルの基準位置は、通常対応する立体モデルの基準位置と同じ又はその近傍に位置するように定義される。例えば図26には、輪郭描画用モデル610が立体モデル600よりひとまわり大きく定義されている場合が示されている。この図26では、各面の矢印方向が

56

モデル610も六角形の各面の外側がおもて面となっている。

【0216】立体モデル600の基準位置である立体モデル基準位置620と、輪郭描画用モデル610の基準位置である輪郭描画用モデル基準位置630は共に各モデルの中心に定義される。また輪郭描画用モデル610は輪郭描画用モデル基準位置630を中心に立体モデル600よりひとまわり大きく定義される。

【0217】そして輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部705（図25）が、仮想空間内の輪郭描画用モデル基準位置630を、立体モデル基準位置620と同じ位置に配置するための配置用マトリックスを設定する。この配置用マトリックスは対応するモデルの各頂点に対する平行移動、回転、拡大・縮小等の変換のために用いられる。すなわち、輪郭描画用モデル610の配置用マトリックスが輪郭描画用モデル基準位置530を立体モデル基準位置520の座標に平行移動させる変換を含むよう設定することで、立体モデル600を包含する位置に輪郭描画用モデル610が配置される。

【0218】輪郭描画用モデル処理部710は、輪郭描画用モデルの各頂点につき、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し、且つ輪郭描画用モデルの各ポリゴンの表裏判定を実施する。この頂点変換には上で述べた配置用マトリックスが用いられる。但し、実施の形態1及び2とは異なり、この表裏判定は逆転表裏判定部713で行われる。またここでは光源計算を実施しない。例えば仮想三次元空間である仮想空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル取得部700において立体モデルと同じ大きさの輪郭描画用モデルを取得した場合には、輪郭描画用モデル処理部710は、輪郭線描画用モデルの拡大を行うための頂点変換を実施する。ここで拡大した場合も立体モデルと輪郭描画用モデルの関係は図26のようになる。

【0219】また、実施の形態3の輪郭描画用モデルの場合には、おもて面がうらと判断され、うら面がおもてと判断される。よって、図26の例ではカメラ650からの視線640の方向と同じ方向に矢印が向いている面613、614、615及び616のみが描画対象とされる。この面は通常であればうら面であるから描画対象から外れるが、実施の形態3では描画対象として取り扱われる。このようにすると、立体モデル600の外側にあり且つカメラ650に近い面611及び612は描画対象から外れるので、立体モデル600は通常どおり描画される。なお、ピクセル処理部430の隠面消去処理部435にて隠面消去が行われるので、描画対象となってもそれらの面の全てが描画されるわけではない。

【0220】かすれ表現テクスチャマッピング部715は、結果的に描画される輪郭線がかすれているような線になるように、輪郭描画用モデルにかすれ表現用テクス

チャをマッピングするための処理を実施するものである。なお、必ずしも輪郭線がかすれている必要は無いので、かすれ表現テクスチャマッピング部715の処理は選択的に実施される。

【0221】立体モデル描画部790の頂点変換及び光源計算部360は、仮想三次元空間に配置される立体モデルの三角形ポリゴンの各頂点について頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し（三角形ポリゴンが描画される領域を計算し）、頂点変換された三角形ポリゴンの各頂点について光源計算を行う。また、立体モデル描画部790の頂点変換及び光源計算部360は、立体モデルの各三角形ポリゴンの表裏判定も行う。

【0222】立体モデル描画部790の頂点変換及び光源計算部360においても、仮想三次元空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル処理部710で処理された後の輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルが輪郭描画用モデルに対して相対的に小さくなるように立体モデルのサイズを縮小するための頂点変換が実施される。

【0223】頂点変換及び光源計算部360が立体モデルの縮小処理を行った場合も立体モデル600と輪郭描画用モデル610の関係は図26のようになる。また、面の表裏判定は、輪郭描画用モデル処理部710とは異なり、立体モデルの面のうちカメラの視線方向と同じ方向がおもて面の方向である面を描画対象から除外する。図26の例では、カメラ650から見て後ろの方の面603、604、605及び606が描画対象から除外される。

【0224】明度計算部365は、頂点変換及び光源計算部360が計算した三角形ポリゴンの各頂点における色から明度を計算する。通常頂点変換及び光源計算部360はRGB系における色を計算するので、明度計算部365はこのRGBをYIQ変換して明度Yを求める。この三角形ポリゴンの各頂点における明度は、ピクセル処理部730に出力される。

【0225】明度範囲テーブル375は、実施の形態1及び2と同じように、例えば図5のようなテーブルである。なお、ここでは明度は0から1までの実数値をとるものとする。しきい値ではなく、上限及び下限による範囲の指定でも良い（例えば図18参照）。この明度範囲テーブル375を参照して、描画用色計算部370は各しきい値に対応する描画用色を計算する。各しきい値に対応する描画用色は、しきい値に対応する基準明度と立体モデルの各三角形ポリゴンに予め設定されている色の情報とを用いて計算される。計算された描画用色を描画用色計算部370はピクセル処理部730に出力する。

【0226】明度範囲設定部380は、明度範囲テーブル375の1つのしきい値を選択して、ピクセル処理部

730に設定する。明度範囲設定部380は、図5のような明度範囲テーブル375をそのまま使用する場合には上から順番の一つずつ設定していく。しきい値ではなく上限及び下限による範囲が指定されている場合には、ランダムに選択・設定可能である。

【0227】輪郭描画用モデル描画部750と立体モデル描画部790に共用されるピクセル処理部730は、三角形ポリゴン内の各画素における色又は明度を、三角形ポリゴンの各頂点の色又は明度を補間して求める処理を実施する。補間の方式は、グーロー・シェーディングのアルゴリズムでも、フォン・シェーディングのアルゴリズムでも良い。

【0228】ピクセル処理部730は、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン进行处理する場合には、隠面消去処理部737を用いて隠面消去処理を実施しつつ、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン内の各画素の色を決定する。

【0229】例えば図26の場合には、立体モデル600のカメラ650に最も近い2つの面601及び602が描画され、輪郭描画用モデルのカメラ650に遠い4つの面613、614、615及び616が描画される。輪郭描画用モデル610のこの4つの面は、カメラ650から見ると立体モデル600から左右にはみ出しているため、はみ出している部分のみが隠面消去されずに描画される。これはみ出している部分が輪郭線となる。なお、ピクセル処理部730は、輪郭描画用モデルのマテリアルの色を考慮して色を決定する。なお、マテリアルの色を全く無視して輪郭線の色（黒又は暗い輪郭線用の色）を輪郭描画用モデルの色とする場合もある。

【0230】一方、ピクセル処理部730は、立体モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン进行处理する場合には、まず明度計算部365から出力された三角形ポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度を計算する。

【0231】そして、明度比較部733は各画素における明度と明度範囲設定部380が設定したしきい値とを比較する。もしその画素における明度がしきい値以上であれば、ピクセル処理部730は、このしきい値に対応する基準明度に基づく描画用色で当該画素を描画する。この描画処理の際には、隠面消去処理部737を用いて隠面消去処理をも実施する。もしその画素における明度がしきい値未満であれば、この画素をこの段階では描画しない。明度範囲設定部380が明度範囲テーブル375の全てのしきい値をピクセル処理部730に設定し、それに対応してピクセル処理部730が三角形ポリゴン内の全ての画素について描画処理を行えば、三角形ポリゴン内部が図5の例では3段階に塗り分けられる。この処理を立体モデルの全ての三角形ポリゴンについて実施する。

【0232】次に、実施の形態3についての処理フロー

を説明する。なお、以下の処理は、演算処理部103 (図1)がコンピュータ本体101内の他の要素を制御して実施される処理である。

【0233】[CD-R記録処理]図27には、実施の形態3において予め行われる輪郭描画用モデルの生成処理が示されている。処理が開始すると、HDD107に予め記憶された立体モデルのデータが読み出され(ステップS353)、変換対象モデルとして取得される。

【0234】次に、その変換対象モデルのサイズがひとまわり大きくなるよう拡大される(ステップS355)。例えば、変換対象モデルの各頂点の法線方向に、当該変換対象モデルの全長の2パーセントの長さだけ当該頂点が移動され、全体として2パーセント程度拡大される。すなわち、例えば当該変換対象モデルが人間型で、その身長が1.8m相当であれば、各頂点は0.036m相当の長さだけ移動される。この拡大率がより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、拡大率がより小さく、変換対象モデルがわずかに拡大されただけである場合には輪郭線はより細く描画される。更に、均一ではなく一部がより拡大されれば、より拡大された部分の輪郭線のみが太く描画される。この調整は、通常立体モデルの製作者により行われるので、当該製作者の意図を反映した輪郭線を描画することができる。

【0235】なお、立体モデルの各頂点の法線が定義されていない場合には、当該頂点を共有する各面の法線を補間することにより求められる当該頂点の法線を用いて、当該頂点を当該頂点の法線方向に移動させることもできる。

【0236】また、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させることもできる。しかし単純に面が移動されただけである場合には、面と面との間に隙間が生じてしまうので、それを埋めるための処理が別途必要になる。更に、通常立体モデルには基準位置が定義されているので、対応する変換対象モデルの基準位置を中心に、当該変換対象モデルの各頂点を移動させることもできる。

【0237】次に、変換対象モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、彩度は同じで明度を低くした色に設定される(ステップS357)。なお、各ポリゴンはすべて黒などの単一色に設定されとしてもよい。また、かすれ表現用テクスチャをマッピングするための設定がされとしてもよい。マテリアルの色は製作者により調整されるので、当該製作者の意図した色で輪郭線を描画することができる。

【0238】実施の形態3では、変換対象モデルの各ポリゴンの表裏を反転する処理は行われないので、ここまで処理された変換対象モデルのデータを、輪郭描画用モデル・データとしてHDD107に記憶し(ステップS361)、輪郭描画用モデル生成処理を終了する(ステップS363)。

【0239】次に、HDD107に記憶された、輪郭描画用モデル・データを含む各種データが、CD-Rドライブ113によりCD-R131に書き込まれる。図7に記載されているレベルでは、CD-R131に書き込まれたデータの例は実施の形態1及び2と同じである。すなわち、プログラム領域132には、コンピュータ1000に本発明を実施させるためのプログラムが格納される。このプログラムは、CD-R131に書き込むまでの処理を含まないとしてもよい。システムデータ領域133には、上で述べたプログラム領域132に格納されるプログラムによって処理される各種データが格納される。

【0240】画像データ領域134には、立体モデル・データ137及び輪郭描画用モデル・データ135を含むデータが格納される。ここで輪郭描画用モデル・データの示すモデルの各ポリゴンの表裏は立体モデルの対応するポリゴンと同じである。また、後述する輪郭描画用モデル取得処理において、輪郭描画用モデルを生成する場合は、輪郭描画用モデル・データ135が格納される必要は無い。サウンドデータ領域136には、図1に示されたサウンド処理部109によりサウンド出力装置125からサウンドを出力させるためのデータが格納される。

【0241】なお、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさと定義されとしてもよい。この場合には、後述する輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルが拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配列用マトリックスが拡大変換を含むように当該配置用マトリックスが決定されとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されとしてもよい。

【0242】また、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色は、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色と同一であってもよい。この場合、後述される輪郭描画用モデルの描画処理の際に、例えば黒などの別途定義された色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0243】[全体の処理フロー]図8に記載されているレベルの処理フローは実施の形態1及び2と同じである。すなわち、最初に初期設定が行われる(ステップS2)。この初期設定では、後に詳述する輪郭描画用モデルのデータ取得処理(図28)を含む。そして、仮想空間内の状態が設定される(ステップS3)。この時輪郭描画用モデルの位置座標等の決定処理が実施される。次

に、輪郭線を描画するか否かの判断処理が行われる（ステップS4）。もし輪郭線が描画される場合には、輪郭線描画用モデルの描画処理が実施される（ステップS5）。これについては後に図29を用いて説明する。そして輪郭線が描画される場合も描画されない場合も立体モデルの描画が行われる（ステップS6）。このステップS3乃至S6が処理終了まで繰り返される（ステップS7）。

【0244】〔輪郭描画用モデル取得処理〕輪郭描画用モデルの取得処理が図28に示されている。ここではまず、輪郭描画用モデルが生成されるか否かが判断される（ステップS223）。輪郭描画用モデルが予め用意されている場合と輪郭描画用モデルがこの段階にて生成される場合が存在するためである。ここでこの判断は、例えば立体モデルに対応した輪郭描画用モデルがCD-R131に格納されているか否かを判定する事により実施される。格納されていると判断されれば輪郭描画用モデルは生成されないと判断され、格納されていないと判断されれば、輪郭描画用モデルは生成されると判断される。

【0245】輪郭描画用モデルが生成されないと判断された場合には、CD-R131に格納されている輪郭描画用モデルのデータが読み出される（ステップS227）。この輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、上で図26及び図27を用いて説明されたように、実施の形態1及び2とは異なり、立体モデルの対応するポリゴンとは表裏が同じものである。また読み出される輪郭描画用モデルのサイズは対応する立体モデルより一回り大きく定義される。更に、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルより暗い色で定義される。

【0246】もし輪郭描画用モデルが生成されると判断された場合には、輪郭描画用モデルを生成する処理が行われる（ステップS225）。ステップS227と同じように、この段階において輪郭描画用モデルを生成する場合においても、輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、立体モデルの対応するポリゴンと表裏が同じものにされる（図26参照）。

【0247】輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく生成される。ステップS355（図27）と同じように、例えば立体モデルの各頂点の法線方向に当該頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成される。輪郭描画用モデルが立体モデルに比してより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、輪郭描画用モデルが立体モデルよりわずかに大きいだけである場合は輪郭線はより細く描画される。

【0248】また、ステップS355（図27）の説明で述べられているように、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。更に、通常立体モデルに定義されている基準位置を中心に、この立体モデルの各頂点を

移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。

【0249】なお、この時点では、輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで生成されるとしてもよい。この場合には、本輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルが拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが、その拡大変換を含むように決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0250】一方、輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色は、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色をより暗くした色で生成される。なお、ステップS357（図27）の説明で述べられているのと同様に、この時点では、生成される輪郭描画用モデルの色は定義されていなくてもよい。あるいは、輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色と同一であっても良い。この場合、輪郭描画用モデルの描画処理の際に、輪郭描画用モデルの色は考慮されず、例えば黒などの別途定義された色か、かすれを表現するテクスチャの色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0251】次に、輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされるか否かが判断される（ステップS229）。ステップS225で輪郭描画用モデルが生成された場合には、対応する立体モデルのデータに基づいてこの判断が実施される。一方、ステップS227で輪郭描画用モデルが読み出された場合には、読み出された輪郭描画用モデルのデータに基づいてこの判断が実施される。かすれを表現するテクスチャがマッピングされると判断された場合には、ステップS231にて輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされる。すなわち、ポリゴンの各頂点にテクスチャ座標（U、V）が設定される。

【0252】なお、前述の通り、かすれを表現するテクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャであって、例えば図10に示されたテクスチャである。かすれを表現するテクスチャがマッピングされないとは判断された場合と、テクスチャがマッピングされる処理が終了した場合は、演算処理部103は輪郭描画用モデル取得処理を終了する（ステップS233）。

【0253】〔輪郭描画用モデル配置処理〕図8のステップS3において輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定され、輪郭描画用モデルの配置処理が行われる。通常輪郭描画用モデルの基準位置は、立体モデルの基準

位置に対応する位置に設けられる。そしてその輪郭描画用モデルの基準位置が、立体モデルの基準位置が配置されている位置と同一又はその近傍に配置されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0254】ここで立体モデルの方向が変化する場合には、輪郭描画用モデルもそれに対応するよう回転変換を含む配置用マトリックスが設定される。立体モデルの形状が変化する場合には、輪郭描画用モデルがそれに対応するよう変形処理が行われる。

【0255】この段階において輪郭描画用モデルが対応する立体モデルと同じ大きさである場合は、輪郭描画用モデルが拡大される。具体的には、輪郭描画用モデルの基準位置を中心として輪郭描画用モデルの各頂点が所定の拡大率に従って拡大変換されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。あるいは逆に、立体モデルが縮小されるとしてもよい。すなわちこの場合には、立体モデルの基準位置を中心として立体モデルの各頂点が所定の縮小率に従って縮小変換されるように、立体モデルの配置用マトリックスが設定される。なお、輪郭描画用モデルが対応する立体モデルより相対的に大きい場合は、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスとして立体モデルの配置用マトリックスをそのまま使用することも可能である。

【0256】このようにすると、最終的には、相対的に大きい輪郭描画用モデルが立体モデルを包含するように配置される。両モデルの配置位置、方向、形状等の関係により、輪郭描画用モデルは完全には立体モデルを包含しない場合も生じ得る。但し、このような場合であっても、包含している部分については輪郭線は描画される。

【0257】なお、この段階では必ずしも配置用マトリックスが設定されている必要は無く、配置される座標、方向及び拡大・縮小率等の頂点変換に必要な各要素が確定していればよい。この場合も、実際の頂点変換は各モデルの描画処理の段階で行われる。

【0258】〔輪郭描画用モデルの描画処理〕輪郭描画用モデルの描画処理フローを表す図29では、輪郭描画用モデルの全ての頂点について処理するまで、以下に説明する処理が繰り返される（ステップS523）。繰り返し行われる最初の処理は、1つの頂点について頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）である（ステップS525）。例えば、この処理は演算処理部103に命令された幾何演算部207が実施する。

【0259】ここで注意したいのは輪郭描画用モデルに対しては光源計算を実施しない点である。これは輪郭線は光源の位置等に関係が無く、光源計算をするのが無駄だからである（場合によっては輪郭描画用モデルのマテリアルの色は最終的に無視される場合がある）。通常この頂点変換は、仮想三次元空間において指定された状態に基づき行われるが、もし輪郭描画用モデルの大きさが立体モデルと同じである場合には、配置処理で設定され

た配置用マトリックスに従ってこの段階において輪郭描画用モデルが拡大変換される場合もある。

【0260】そして、当該頂点を含むポリゴンは通常の判断基準でうら面か否かの判断処理が実施される（ステップS527）。通常はおもて面しか描画対象とされないが、実施の形態2の輪郭描画用モデルの場合には通常の判断基準でうら面が描画対象とされる。このステップの判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点の前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで行われる。

【0261】図12に示すように、例えば、通常の判断基準で三角形ポリゴンの各頂点に反時計回りに頂点番号が付されている場合に紙面手前がおもて面であると定義する（いわゆる右手系）。実施の形態3では、表裏判定の基準を逆転し、時計回りに頂点番号が付されている場合に紙面手前がおもて面であるとして判断する。この逆転した表裏判定基準でおもて面と判断されたポリゴンのみを描画対象とする。結果的に実施の形態3の判断基準におけるおもて面が、通常の判断基準ではうら面と判断されるからである。

【0262】図30には、判断対象となる三角形ポリゴンの例が示されている。図30に示す三角形ポリゴンの各頂点には、図中上方、左下、右下の順で0、1、2の頂点番号が付与されている。図30の例では頂点番号の付し方からすると紙面手前がおもて面であるが、逆転した判断基準では紙面手前はうら面となる。逆転した判断基準でうら面の場合には、通常ではおもて面であるからこのポリゴンは描画対象からはずされる。なお、実施の形態3でもこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるようにすることも可能である。

【0263】もし、当該頂点を含むポリゴンが通常の判断基準でおもて面であった場合にはステップS523に戻る。当該頂点を含むポリゴンが通常の判断基準でうら面であった場合には、かすれを表現するテクスチャをマッピングする否かの判断処理が実施される（ステップS529）。これはポリゴンに対するテクスチャ・マッピングを意味している。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングする場合には、その頂点に対する、かすれを表現するためのテクスチャのテクスチャ座標の計算処理が実施される（ステップS531）。テクスチャ・パースペクティブ処理として、ここでは、 $Q = 1/w$ （ w はスクリーンからの奥行き）を用いて、 $S = U \times Q$ 、 $T = V \times Q$ の計算が行われる。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングしない場合にはステップS533に移行する。

【0264】そして、例えば図2に示した三角形描画処理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される（ステップS533）。上で述べたように三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補

間して、三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを生成する。各頂点のデータは、マテリアルの色、スクリーン座標値、及びステップS531を実施すればテクスチャ座標値である。また、各画素におけるデータは、マテリアルの色及びステップS531を実施すればテクセル・カラーである。但し、この時点でマテリアルの色を無視して、各頂点に輪郭線の色を設定することも可能である。またマテリアルの色を考慮して、輪郭線の色を設定することも可能である。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを使用して、フレーム・バッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0265】〔立体モデル描画処理〕図15に示された、実施の形態1における立体モデルの描画処理のフローは実施の形態3でも同じである。まず、初期設定が行われる(ステップS603)。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル(例えば図5又は図18)が取得される。次に、一つの頂点についての頂点変換(拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換)及び光源計算が行われる(ステップS605)。これは例えば演算処理部103からの命令により幾何演算部207が実行する。立体モデルのデータは例えばCD-R131に格納されている。

【0266】拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換は、基本的には図8のステップS3において設定された仮想空間内における状態に基づくものである。但し、輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルのサイズを縮小することにより輪郭描画用モデルが相対的に大きくされる場合もある。この場合には、ステップS605において縮小変換が実施される。なお、立体モデルの中心に向かって各頂点をその法線に沿って移動させると簡単に縮小できる。

【0267】なお、本発明の立体モデル描画処理における光源計算には2つの手法、(A)ポリゴンに定義されたマテリアルの色を考慮した手法及び(B)マテリアルの色を考慮しない手法があり、実施の形態3に対してもこれら適用可能である。

【0268】次に、当該頂点を含むポリゴンはおもて面か否かが判断される(ステップS607)。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点とその前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで実施される。この判断は輪郭描画用モデルの描画処理で説明した方法を用いることができる。なお、実施の形態3ではこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるようにすることも可能である。

【0269】もし、当該頂点を含むポリゴンがうら面であった場合にはステップS605に戻る。当該頂点を含むポリゴンがおもて面であった場合には、頂点変換及び

光源計算が行われた頂点における明度が計算される(ステップS609)。明度の計算ではYIQ変換が行われる。

【0270】そして頂点変換及び光源計算された頂点を含むポリゴンの描画用色が計算される(ステップS611)。ポリゴンの描画用色は、明度範囲テーブルに格納された各明度範囲に対応する基準明度と当該ポリゴンの色とから計算される。

【0271】基準明度 T_n が3つあれば(T_1 , T_2 , T_3)、描画用色は3つ求まる。なお、ポリゴンの色をYIQ系の色として保持していない場合、すなわちRGB系の色として保持している場合には、上で示した変換行列でRGBからYIQへ変換する計算が行われる。また、実施の形態1で説明した別の計算方法も実施の形態3に対し適用可能である。

【0272】次に明度範囲テーブルの明度範囲が一つ選択される(ステップS613)。なお本実施の形態では図5に示した明度範囲テーブルを用いているが、図18のような明度範囲テーブルを用いることもできる。

【0273】この後、このポリゴンの頂点における明度が補間され、当該ポリゴン内部の各画素における明度(ポリゴンにおける明度分布)が計算される。頂点の色も補間されるが、3頂点共同じ描画用色なので補間しても結果は同じである。そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で当該画素が描画される(ステップS615)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS613及びS615は、全ての明度範囲について処理するまで繰り返される(ステップS617)。

【0274】例えばピクセルカラー処理部209が上限及び下限の2つの明度値を取り扱うことができない場合には、Zバッファ211を併用することにより同一の効果を得ることができる。Zバッファ211は隠面消去に使われるが、本実施の形態ではZバッファ211の併用が明度の上限値と比較した場合と同様の効果を奏する。

【0275】なお、明度範囲テーブルの最も小さい下限値の値が0.0でない場合もある。ポリゴン内で何も色が付されていない部分を無くすため、図15ステップS617の繰り返しにおいては、最後の繰り返しで下限値を0.0にしてステップS615が実施される。

【0276】以上ステップS605乃至S617までが、立体モデルの全ての頂点について処理するまで繰り返され、結果として全てのポリゴンについて処理するまで繰り返される(ステップS619)。

【0277】以上のような処理を実施すると、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、立体モデルについてはセルアニメ調の画像を得るこ

とができるようになる。また、実施の形態3で導入された輪郭描画用モデルは、立体モデルの後ろの面のうち立体モデルに隠れない部分が描画されるので、その部分が輪郭線としてレンダリングされる。実施の形態3では、輪郭線の描画には、輪郭描画用モデルを導入し輪郭描画用モデルの表裏判定を逆転するだけで通常レンダリング処理とほぼ同様の処理を行うことにより簡単に輪郭線を描画できるようになる。

【0278】4. 実施の形態4 実施の形態4は、輪郭描画用モデルの処理については実施の形態3の処理を用い、立体モデルの処理については実施の形態2の処理を用いる場合である。

【0279】本発明の実施の形態4の概略を図31の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態4として図示したレンダリング装置には、輪郭描画用モデル描画部850と立体モデル描画部890が含まれる。この輪郭描画用モデル描画部850には、輪郭描画用モデル取得部700と、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部705と、輪郭描画用モデル処理部710と、かすれ表現テクスチャマッピング部715と、立体モデル描画部890と共用されるピクセル処理部830とが含まれる。これらの各機能は、上で述べた順番でデータの受け渡しを行っている。

【0280】また、立体モデル描画部890には、頂点変換及び光源計算部460と、明度計算部465と、明度範囲テーブル475と、描画用色格納部470と、明度範囲設定部480と、輪郭描画用モデル描画部450と共用されるピクセル処理部830とが含まれる。頂点変換及び光源計算部460の出力は明度計算部465へ入力される。明度計算部465の出力はピクセル処理部830へ入力される。明度範囲テーブル475は、明度範囲設定部480に参照される。描画用色格納部470及び明度範囲設定部480の出力はピクセル処理部830へ入力される。輪郭描画用モデル描画部850と立体モデル描画部890が共用するピクセル処理部830には、立体モデル描画処理で用いられる明度比較部833と、輪郭描画用モデル描画処理及び立体モデル描画処理の両方で用いられる隠面消去処理部837とが含まれる。

【0281】輪郭描画用モデル取得部700は、例えば三角形ポリゴンで構成された立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを生成する。なお、輪郭描画用モデルが予め生成してある場合には、輪郭描画用モデル取得部700は、当該予め生成されている、三角形ポリゴンで構成された輪郭描画用モデルを読み出す。実施の形態4は実施の形態1及び2とは異なり、取得される輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、立体モデルの対応するポリゴンと表裏が同じである。また輪郭描画用モデルは立体モデルより大きく、輪郭線用の所定の配色にて定義される。なお、輪郭描画用モデルは、最終的には対応する立体モデルより相対的に大きくなければならないが、この段階における輪郭描画用オブジェクトの大きさは立体モデルと同じ場合もある。この場合には、輪郭描画用モデルと立体モデルが描画されるまでに、輪郭描画用モデルが立体モデルより相対的に大きく描画されるよう処理される。

【0282】また、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルのマテリアルの色をそのまま引き継ぐ場合もある。この場合は描画用色は別に指定される。この輪郭描画用モデルの基準位置は、通常対応する立体モデルの基準位置と同じ又はその近傍に位置するように定義される。

【0283】そして輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部705（図25）が、図26に示すように、仮想空間内の輪郭描画用モデル基準位置630を、立体モデル基準位置620と同じ位置に配置するための配置用マトリックスを設定する。この配置用マトリックスは対応するモデルの各頂点に対する平行移動、回転、拡大・縮小等の変換のために用いられる。すなわち、輪郭描画用モデル610の配置用マトリックスが輪郭描画用モデル基準位置530を立体モデル基準位置520の座標に平行移動させる変換を含むよう設定することで、立体モデル600を包含する位置に輪郭描画用モデル610が配置される。

【0284】輪郭描画用モデル処理部710は、輪郭描画用モデルの各頂点につき、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し、且つ輪郭描画用モデルの各ポリゴンの表裏判定を実施する。この頂点変換には上で述べた配置用マトリックスが用いられる。但し、実施の形態1及び2とは異なり、この表裏判定は逆転表裏判定部713で行われる。またここでは光源計算を実施しない。例えば仮想三次元空間である仮想空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル取得部700において立体モデルと同じ大きさの輪郭描画用モデルを取得した場合には、輪郭描画用モデル処理部710は、輪郭線描画用モデルの拡大を行うための頂点変換を実施する。ここで拡大した場合も立体モデルと輪郭描画用モデルの関係は図26のようになる。

【0285】また、実施の形態4の輪郭描画用モデルの場合には、おもて面がうらと判断され、うら面がおもてと判断される。よって、図26の例ではカメラ650からの視線640の方向と同じ方向に矢印が向いている面613、614、615及び616のみが描画対象とされる。この面は通常であればうら面であるから描画対象から外れるが、実施の形態4では描画対象として取り扱われる。このようにすると、立体モデル600の外側にあり且つカメラ650に近い面611及び612は描画対象から外れるので、立体モデル600は通常どおり描画される。なお、ピクセル処理部430の隠面消去処理部435にて隠面消去が行われるので、描画対象とな

てもそれらの面の全てが描画されるわけではない。

【0286】かすれ表現テクスチャマッピング部715は、結果的に描画される輪郭線がかすれているような線になるように、輪郭描画用モデルにかすれ表現用テクスチャをマッピングするための処理を実施するものである。なお、必ずしも輪郭線がかすれている必要は無いので、かすれ表現テクスチャマッピング部715の処理は選択的に実施される。

【0287】立体モデル描画部890の頂点変換及び光源計算部460は、仮想三次元空間に配置される立体モデルの三角形ポリゴンの各頂点について頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し（三角形ポリゴンが描画される領域を計算し）、頂点変換された三角形ポリゴンの各頂点について光源計算を行う。また、立体モデル描画部890の頂点変換及び光源計算部460は立体モデルの各三角形ポリゴンの表裏判定も行う。

【0288】立体モデル描画部890の頂点変換及び光源計算部460においても、仮想三次元空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル処理部810で処理された後の輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルが輪郭描画用モデルに対して相対的に小さくなるように立体モデルのサイズを縮小するための頂点変換が実施される。

【0289】頂点変換及び光源計算部460が立体モデルの縮小処理を行った場合も立体モデル600と輪郭描画用モデル610の関係は図26のようになる。また、面の表裏判定は、輪郭描画用モデル処理部710とは異なり、立体モデルの面のうちカメラの視線方向と同じ方向がおもて面の方向である面を描画対象から除外する。図26の例では、カメラから見て後ろの方の面603、604、605及び606が描画対象から除外される。

【0290】明度計算部465は、光源計算部460が計算した三角形ポリゴンの各頂点における色から明度を計算する。通常光源計算部460はRGB系における色を計算するので、明度計算部465はこのRGBをYIQ変換して明度Yを求める。この三角形ポリゴンの各頂点における明度は、ピクセル処理部830に出力される。

【0291】明度範囲テーブル475は、実施の形態1乃至3と同じように、例えば図5のようなテーブルである。なお、ここでは明度は0から1までの実数値をとるものとする。しきい値ではなく、上限及び下限による範囲の指定でも良い（例えば図18参照）。

【0292】描画用色格納部470は、例えば図5のような明度範囲テーブルを使用する場合には、各ポリゴンにつき3つの描画用色データを保管する必要がある。図23に示すように、各ポリゴンにつき、第1の明度範囲に対応する描画用色（r、g、b）と、第2の明度範囲

に対応する描画用色（r、g、b）と、第3の明度範囲に対応する描画用色（r、g、b）と、当該ポリゴンを構成する頂点0の頂点データIDXと、同じく頂点1の頂点データIDXと、頂点2の頂点データIDXとが、先に述べた図16（b）の代わりに保管される。これらのデータが立体モデルのポリゴンの数だけ用意される。

【0293】ピクセル処理部830は、明度範囲設定部480により設定された明度範囲に対応する描画用色を描画用色格納部470から取り出す。描画用色格納部470は例えばCD-R131であり、立体モデル・データ137の要素として格納される。

【0294】明度範囲設定部480は、明度範囲テーブル475の1つのしきい値を選択して、ピクセル処理部430に設定する。明度範囲設定部480は、図5のような明度範囲テーブル475をそのまま使用する場合に上から順番の一つずつ設定していく。しきい値ではなく上限及び下限による範囲が指定されている場合には、ランダムに選択・設定可能である。

【0295】輪郭描画用モデル描画部850と立体モデル描画部890に共用されるピクセル処理部830は、三角形ポリゴン内の各画素における色又は明度を、三角形ポリゴンの各頂点の色又は明度を補間して求める処理を実施する。補間の方式は、グーロー・シェーディングのアルゴリズムでも、フォン・シェーディングのアルゴリズムでも良い。

【0296】ピクセル処理部830は、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴンを処理する場合には、隠面消去処理部837を用いて隠面消去処理を実施しつつ、輪郭描画用モデルの描画対象とされた三角形ポリゴン内の各画素の色を決定する。

【0297】例えば図26の場合には、立体モデル600のカメラ650に最も近い2つの面601及び602が描画され、輪郭描画用モデルのカメラ650から遠い4つの面613、614、615及び616が描画される。輪郭描画用モデル610のこの4つの面は、カメラ650から見ると立体モデル600から左右にはみ出しているため、はみ出している部分のみが隠面消去されずに描画される。このはみ出している部分が輪郭線となる。なお、ピクセル処理部830は、輪郭描画用モデルのマテリアルの色を考慮して色を決定する。但し、このマテリアルの色を全く無視して輪郭線の色（黒又は暗い輪郭線用の色）を輪郭描画用モデルの色とする場合もある。

【0298】一方、ピクセル処理部830は、立体モデルの描画対象とされた三角形ポリゴンを処理する場合には、まず明度計算部465から出力された三角形ポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度を計算する。

【0299】そして、明度比較部833は各画素における明度と明度範囲設定部480が設定したしきい値とを

比較する。もしその画素における明度がしきい値以上であれば、ピクセル処理部830は、このしきい値に対応する基準明度に基づく描画用色で当該画素を描画する。この描画処理の際には、隠面消去処理部837を用いて隠面消去処理をも実施する。もしその画素における明度がしきい値未満であれば、この画素をこの段階では描画しない。明度範囲設定部480が明度範囲テーブル475の全てのしきい値をピクセル処理部830に設定し、それに対応してピクセル処理部830が三角形ポリゴン内の全ての画素について描画処理を行えば、三角形ポリゴン内部が図5の例では3段階に塗り分けられる。この処理を立体モデルの全ての三角形ポリゴンについて実施する。

【0300】次に、実施の形態4についての処理フローを説明する。なお、以下の処理は、演算処理部103（図1）がコンピュータ本体101内の他の要素を制御して実施される処理である。

【0301】〔CD-R記録処理〕図27に示された、予め行われる輪郭描画用モデルの生成処理は実施の形態4でも行われる。処理が開始すると、HDD107に予め記憶された立体モデルのデータが読み出され（ステップS353）、変換対象モデルとして取得される。

【0302】次に、その変換対象モデルのサイズがひとまわり大きくなるよう拡大される（ステップS355）。例えば、変換対象モデルの各頂点の法線方向に、当該変換対象モデルの全長の2パーセントの長さだけ当該頂点が移動され、全体として2パーセント程度拡大される。すなわち、例えば当該変換対象モデルが人間型で、その身長が1.8m相当であれば、各頂点は0.036m相当の長さだけ移動される。この拡大率がより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、拡大率がより小さく、変換対象モデルがわずかに拡大されただけである場合には輪郭線はより細く描画される。更に、均一ではなく一部がより拡大されれば、より拡大された部分の輪郭線のみが太く描画される。この調整は、通常立体モデルの製作者により行われるので、当該製作者の意図を反映した輪郭線を描画することができる。

【0303】なお、立体モデルの各頂点の法線が定義されていない場合には、当該頂点を共有する各面の法線を補間することにより求められる当該頂点の法線を用いて、当該頂点を当該頂点の法線方向に移動させることもできる。

【0304】また、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させることもできる。しかし単純に面が移動されただけである場合には、面と面との間に隙間が生じてしまうので、それを埋めるための処理が別途必要になる。更に、通常立体モデルには基準位置が定義されているので、対応する変換対象モデルの基準位置を中心に、当該変換対象モデルの各頂点を移動させることもできる。

【0305】次に、変換対象モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、彩度は同じで明度を低くした色に設定される（ステップS357）。なお、各ポリゴンはすべて黒などの単一色に設定されるとしてもよい。また、かすれ表現用テクスチャをマッピングするための設定がされるとしてもよい。マテリアルの色は製作者により調整されるので、当該製作者の意図した色で輪郭線を描画することができる。

【0306】実施の形態4では、実施の形態3と同様に変換対象モデルの各ポリゴンの表裏を反転する処理は行われないので、ここまで処理された変換対象モデルのデータを、輪郭描画用モデル・データとしてHDD107に記憶し（ステップS361）、輪郭描画用モデル生成処理を終了する（ステップS363）。

【0307】次に、HDD107に記憶された、立体モデル・データ及び輪郭描画用モデル・データを含む各種データが、CD-Rドライブ113によりCD-R131に書き込まれる。図7に記載されているレベルでは、CD-R131に書き込まれたデータの例は実施の形態4でも同じである。

【0308】〔全体の処理フロー〕図8に記載されているレベルの処理フローは実施の形態1乃至3と同じである。すなわち、最初に初期設定が行われる（ステップS2）。この初期設定では、後に詳述する輪郭描画用モデルのデータ取得処理（図28）を含む。そして、仮想空間内の状態が設定される（ステップS3）。この時輪郭描画用モデルの位置座標等の決定処理が実施される。次に、輪郭線を描画するか否かの判断処理が行われる（ステップS4）。もし輪郭線が描画される場合には、輪郭線描画用モデルの描画処理が実施される（ステップS5）。これについては後に図29を用いて説明する。そして輪郭線が描画される場合も描画されない場合も立体モデルの描画が行われる（ステップS6）。このステップS3乃至S6が処理終了まで繰り返される（ステップS7）。

【0309】〔輪郭描画用モデル取得処理〕図28に示された輪郭描画用モデルの取得処理は実施の形態4でも実施される。ここではまず、輪郭描画用モデルが生成されるか否かが判断される（ステップS223）。輪郭描画用モデルが予め用意されている場合と輪郭描画用モデルがこの段階にて生成される場合が存在するためである。ここでこの判断は、例えば立体モデルに対応した輪郭描画用モデルがCD-R131に格納されているか否かを判定する事により実施される。格納されていると判断されれば輪郭描画用モデルは生成されないと判断され、格納されていないと判断されれば、輪郭描画用モデルは生成されると判断される。

【0310】輪郭描画用モデルが生成されないと判断された場合には、CD-R131に格納されている輪郭描画用モデルのデータが読み出される（ステップS22

7)。この輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、上で図26及び図27を用いて説明されたように、実施の形態1及び2とは異なり、立体モデルの対応するポリゴンとは表裏が同じものである。また読み出される輪郭描画用モデルのサイズは対応する立体モデルより一回り大きく定義される。更に、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルより暗い色で定義される。

【0311】もし輪郭描画用モデルが生成されると判断された場合には、輪郭描画用モデルを生成する処理が行われる(ステップS225)。ステップS227と同じように、この段階において輪郭描画用モデルが生成される場合においても、輪郭描画用モデルの各ポリゴンは、立体モデルの対応するポリゴンと表裏が同じものにされる(図26参照)。

【0312】輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく生成される。ステップS355(図27)と同じように、例えば立体モデルの各頂点の法線方向に当該頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成される。輪郭描画用モデルが立体モデルに比してより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、輪郭描画用モデルが立体モデルよりわずかに大きいだけである場合は輪郭線はより細く描画される。

【0313】また、ステップS355(図27)の説明で述べられているように、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。更に、通常立体モデルに定義されている基準位置を中心に、この立体モデルの各頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。

【0314】なお、この時点では、輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで生成されるとしてもよい。この場合には、本輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルが拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが、その拡大変換を含むように決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0315】一方、輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色は、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色をより暗くした色で生成される。なお、ステップS357(図26)の説明で述べられているのと同様に、この時点では、生成される輪郭描画用モデルの色は定義されていなくてもよい。あるいは、輪郭描画用モデルの各ポリゴンのマテリアルの色が、対応する立体モデルの各ポリゴンのマテリアルの色と同一であっても

良い。この場合、輪郭描画用モデルの描画処理の際に、輪郭描画用モデルの色は考慮されず、例えば黒などの別途定義された色か、かすれを表現するテクスチャの色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0316】次に、輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされるか否かが判断される(ステップS229)。ステップS225で輪郭描画用モデルが生成された場合には、対応する立体モデルのデータに基づいてこの判断が実施される。一方、ステップS227で輪郭描画用モデルが読み出された場合には、読み出された輪郭描画用モデルのデータに基づいてこの判断が実施される。かすれを表現するテクスチャがマッピングされると判断された場合には、ステップS231にて輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされる。すなわち、ポリゴンの各頂点にテクスチャ座標(U, V)が設定される。

【0317】なお、前述の通り、かすれを表現するテクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャであって、例えば図10に示されたテクスチャである。かすれを表現するテクスチャがマッピングされないと判断された場合と、テクスチャがマッピングされる処理が終了した場合は、演算処理部103は輪郭描画用モデル取得処理を終了する(ステップS233)。

【0318】〔輪郭描画用モデル配置処理〕図8のステップS3において輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定され、輪郭描画用モデルの配置処理が行われる。通常輪郭描画用モデルの基準位置は、立体モデルの基準位置に対応する位置に設けられる。そしてその輪郭描画用モデルの基準位置が、立体モデルの基準位置が配置されている位置と同一又はその近傍に配置されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0319】ここで立体モデルの方向が変化する場合には、輪郭描画用モデルもそれに対応するよう回転変換を含む配置用マトリックスが設定される。立体モデルの形状が変化する場合には、輪郭描画用モデルがそれに対応するよう変形処理が行われる。

【0320】この段階において輪郭描画用モデルが対応する立体モデルと同じ大きさである場合は、輪郭描画用モデルが拡大される。具体的には、輪郭描画用モデルの基準位置を中心として輪郭描画用モデルの各頂点が所定の拡大率に従って拡大変換されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。あるいは逆に、立体モデルが縮小されるとしてもよい。すなわちこの場合には、立体モデルの基準位置を中心として立体モデルの各頂点が所定の縮小率に従って縮小変換されるように、立体モデルの配置用マトリックスが設定される。なお、輪郭描画用モデルが対応する立体モデルより相対的に大きい場合は、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスとして立体モデルの配置用マトリックスをそのまま使用することも可能である。

【0321】このようにすると、最終的には、相対的に大きい輪郭描画用モデルが立体モデルを包含するように配置される。両モデルの配置位置、方向、形状等の関係により、輪郭描画用モデルは完全には立体モデルを包含しない場合も生じ得る。但し、このような場合であっても、包含している部分については輪郭線は描画される。

【0322】なお、この段階では必ずしも配置用マトリックスが設定されている必要は無く、配置される座標、方向及び拡大・縮小率等の頂点変換に必要な各要素が確定していればよい。この場合も、実際の頂点変換は各モデルの描画処理の段階で行われる。

【0323】〔輪郭描画用モデルの描画処理〕図29に示された、輪郭描画用モデルの描画処理フローは、実施の形態4でも実施される。ここでは輪郭描画用モデルの全ての頂点について処理するまで、以下に説明する処理が繰り返される(ステップS523)。繰り返し行われる最初の処理は、1つの頂点について頂点変換(拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換)である(ステップS525)。例えば、この処理は演算処理部103に命令された幾何演算部207が実施する。

【0324】ここで注意したいのは輪郭描画用モデルに対しては光源計算を実施しない点である。これは輪郭線は光源の位置等に関係が無く、光源計算をするのが無駄だからである(場合によっては輪郭描画用モデルのマテリアルの色は最終的に無視される場合がある)。通常この頂点変換は、仮想三次元空間において指定された状態に基づき行われるが、もし輪郭描画用モデルの大きさが立体モデルと同じである場合には、配置処理で設定された配置用マトリックスに従ってこの段階において輪郭描画用モデルが拡大変換される場合もある。

【0325】そして、当該頂点を含むポリゴンが通常の判断基準でうら面か否かの判断処理が実施される(ステップS527)。通常はおもて面しか描画対象とされないが、実施の形態4の輪郭描画用モデルの場合には通常の判定基準でうら面が描画対象とされる。このステップの判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点とその前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかでされる。

【0326】図12に示すように、例えば、通常の判断基準で三角形ポリゴンの各頂点に反時計回りに頂点番号が付されている場合に紙面手前がおもて面であると定義する(いわゆる右手系)。実施の形態4では、表裏判定の基準を逆転し、時計回りに頂点番号が付されている場合に紙面手前がおもて面であるとして判断する。この逆転した表裏判定基準でおもて面と判断された面のみを描画対象とする。結果的に実施の形態4の判断基準におけるおもて面が、通常の判断基準ではうら面と判断されるからである。

【0327】図30には、判断対象となる三角形ポリゴンの例が示されている。図30に示す三角形ポリゴンの

各頂点には、図中上方、左下、右下の順で0, 1, 2の頂点番号が付与されている。図30の例では頂点番号の付し方からすると紙面手前がおもて面であるが、逆転した判断基準では紙面手前はうら面となる。逆転した判断基準でうら面の場合には、通常ではおもて面であるからこのポリゴンは描画対象からはずされる。なお、実施の形態4でもこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるようにすることも可能である。

【0328】もし、当該頂点を含むポリゴンが通常の判断基準でおもて面であった場合にはステップS523に戻る。当該頂点を含むポリゴンが通常の判断基準でうら面であった場合には、かすれを表現するテクスチャをマッピングする否かの判断処理が実施される(ステップS529)。これはポリゴンに対するテクスチャ・マッピングを意味している。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングする場合には、その頂点に対する、かすれを表現するためのテクスチャのテクスチャ座標の計算処理が実施される(ステップS531)。テクスチャ・パースペクティブ処理として、ここでは、 $Q = 1/w$ (w はスクリーンからの奥行き)を用いて、 $S = U \times Q$ 、 $T = V \times Q$ の計算が行われる。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングしない場合にはステップS533に移行する。

【0329】そして、例えば図2に示した三角形描画処理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される(ステップS533)。上で述べたように三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを生成する。各頂点のデータは、マテリアルの色、スクリーン座標値、及びステップS531を実施すればテクスチャ座標値である。また、各画素におけるデータは、マテリアルの色及びステップS531を実施すればテクセル・カラーである。但し、この時点でマテリアルの色を無視して、各頂点に輪郭線の色を設定することも可能である。またマテリアルの色を考慮して、輪郭線の色を設定することも可能である。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各画素におけるデータを使用して、フレーム・バッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0330】〔立体モデル描画処理〕図24に示された実施の形態2における立体モデルの描画処理フローは実施の形態4でも同じである。まず、初期設定が行われる(ステップS603)。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル(例えば図5又は図18)が取得される。また、立体モデルの描画用色データを取得しておく。次に、一つの頂点についての頂点変換(拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換)及び光源計算が行われる(ステップS635)。これは例えば演算処理

部103からの命令により幾何演算部207が実行する。立体モデルのデータは例えばCD-R131に格納されている。

【0331】拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換は、基本的には図8のステップS3において設定された仮想空間内における状態に基づくものである。但し、輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルのサイズを縮小することにより輪郭描画用モデルが相対的に大きくされる場合もある。この場合には、ステップS635において縮小変換が実施される。なお、立体モデルの中心に向かって各頂点をその法線に沿って移動させると簡単に縮小できる。

【0332】なお、実施の形態1で述べた、本発明の立体モデル描画処理における光源計算の2つの手法は実施の形態4でもそのまま適用することができる。

【0333】次に、当該頂点を含むポリゴンはおもて面か否かが判断される(ステップS637)。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点とその前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで実施される。この判断は輪郭描画用モデルの描画処理で説明した方法を用いることができる。なお、実施の形態4ではこの段階において表裏判定が行われるが、この段階より前に表裏判定が行われるようにすることも可能である。

【0334】もし、当該頂点を含むポリゴンがうら面であった場合にはステップS635に戻る。当該頂点を含むポリゴンがおもて面であった場合には、頂点変換及び光源計算が行われた頂点における明度が計算される(ステップS639)。明度の計算ではYIQ変換が行われる。

【0335】そして、頂点変換及び光源計算された頂点を含むポリゴンの描画用色が、例えばメモリ105から読み出される(ステップS641)。読み出される描画用色のデータは予め計算されるわけであるが、この予め計算する際の計算方法は、実施の形態1で説明した2つの方法のいずれでもよいし、又別の方法であってもよい。さらに、描画用色を一つ一つ定義していてもよい。実施の形態4では描画用色を予め用意しておくので、実施の形態3に比べて実行速度は速くなる。

【0336】次に明度範囲テーブルの明度範囲が一つ選択される(ステップS643)。なお本実施の形態では図5に示した明度範囲テーブルを用いているが、図18のような明度範囲テーブルを用いることもできる。このような明度範囲テーブルを使用する場合には上限及び下限を含む明度範囲をランダムに選択し、設定することができる。但し図18は少数第2位まで有効なコンピュータの場合を示している。以下で説明する明度比較処理において各画素の明度と上限及び下限の2つの明度値との比較が簡単に行えない場合には、明度範囲を例えば図18の上から順番に選択する。そしてこの場合下限値のみ

で処理していくことになる。

【0337】この後、このポリゴンの頂点における明度が補間され、当該ポリゴン内部の各画素における明度(ポリゴンにおける明度分布)が計算される。頂点の色も補間されるが、3頂点共同じ描画用色なので補間しても結果は同じである。そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で当該画素が描画される(ステップS645)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS643及びS645は、全ての明度範囲について処理するまで繰り返される(ステップS647)。

【0338】例えばピクセルカラー処理部209が上限及び下限の2つの明度値を取り扱うことができない場合には、Zバッファ211を併用することにより同一の効果を得ることができる。Zバッファ211は隠面消去に使われるが、本実施の形態ではZバッファ211の併用は明度の上限値と比較した場合と同様の効果を奏する。

【0339】なお、明度範囲テーブルの最も小さい下限値の値が0.0でない場合もある。ポリゴン内で何も色が付されていない部分を無くすため、図24ステップS647の繰り返しにおいては、最後の繰り返しで下限値を0.0にしてステップS645が実施される。

【0340】以上ステップS635乃至S647までが、立体モデルの全ての頂点について処理するまで繰り返され、結果として全てのポリゴンについて処理するまで繰り返される(ステップS649)。

【0341】以上のような処理を実施すると、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、立体モデルについてはセルアニメ調の画像を得ることができるようになる。特に、実施の形態4は実施の形態3より更に高速化されている。また、実施の形態4で導入された輪郭描画用モデルは、立体モデルの後ろの面のうち立体モデルに隠れない部分が描画されるので、その部分が輪郭線としてレンダリングされる。実施の形態4では、輪郭線の描画には、輪郭描画用モデルを導入し輪郭描画用モデルの表裏判定を逆転するだけで通常レンダリング処理とほぼ同様の処理を行うことにより簡単に輪郭線を描画できるようになる。

【0342】5. その他の実施の形態

(1) 実施の形態1及び3においては、立体モデル描画処理を表す図15でステップS605乃至S609の後にポリゴンの描画用色を計算する処理がステップS611として実施されることになっているが、ステップS615で描画用色を使用するまでに計算されていれば問題は無い。よって、ステップS611を、ステップS609又はS605の前に行っても、ステップS609及びS605と並行して行っても、ステップS613の後に

行っても、ステップS613と並行して行っても良い。

【0343】(2)実施の形態1及び3の立体モデル描画処理を表す図15におけるステップS609では、YIQ変換で光源計算後のポリゴンの頂点の明度Yが計算される。YIQ変換の結果であるI及びQは使用しないので計算しない方が高速であるが、既にYIQ変換を行うルーチン等が存在している場合には、それを用いてI及びQを計算しても良い。これについては実施の形態2及び4でも同様である。

【0344】(3)実施の形態1及び3の立体モデル描画処理を表す図6におけるステップS615では、ポリゴンの頂点のデータが補間されてポリゴン内部の画素のデータが生成される。この処理は、一度行えばステップS617による繰り返しで異なる明度範囲を選択・設定しても変わらないので、結果を保存しておき、使用するようにしても良い。これについては実施の形態2及び4でも同様である。

【0345】(4)実施の形態1の立体モデル描画処理を示す図15におけるステップS605では、透視変換を行うと共に光源計算を行っているが、透視変換はステップS615までに行えばよい。但し、ステップS617によるループの外に出したほうが、何回も透視変換しなくても済む。よって、ステップS605のタイミングで実行すれば計算量を減らすことができる。これについては実施の形態2及び4でも同様である。

【0346】(5)実施の形態1乃至4では立体モデル及び輪郭描画用モデルが複数の三角形ポリゴンで構成されているが、四角形以上の多角形ポリゴンを含む複数のポリゴンで構成されるときもよい。また、両モデルが曲面を含む複数の面で構成され、各面が1又は複数のポリゴンで近似されて処理されるときもよい。この場合、実施の形態1及び2における輪郭描画用モデルの各ポリゴンの表裏反転は、輪郭描画用モデルの各面の表裏反転により実施されるときもよい。当該各面は描画されるまでに1又は複数のポリゴンで近似されるので、当該各面の表裏が反転されれば結果的に各ポリゴンの表裏が反転される。

【0347】(6)図4および図26では、輪郭描画用モデルの面と立体モデルの面が一对一になっているが、輪郭描画用モデルの面の数を減らすことも可能である。面の数が減れば、処理が高速化されるためである。但し、輪郭描画用モデルの面には立体モデル中に対応する面が存在する。

【0348】(7)図8に示した処理フローのステップS4とステップS6は順番を入れ替えることが可能である。

【0349】(8)使用するハードウェアの変更上で述べた実施の形態では、立体モデル及び輪郭描画用モデル描画処理の一部の処理を、グラフィックス処理部111が実行するような実施の形態を開示したが、立体

モデル及び輪郭描画用モデル描画処理全体をグラフィックス処理部111が行っても、演算処理部103が実行するようにしても良い。

【0350】また図1は一例であって、様々な変更が可能である。例えば、ゲーム装置ならば、インターフェース部117にデータを保存するためのメモ리카ードの読み書きインターフェースを備えるようにすることも考えられる。また、通信インターフェース115を備えるか否かは任意である。本発明は直接サウンド処理には関係しないので、サウンド処理部109を備えている必要は無い。

【0351】また、CD-Rは記録媒体の一例であって、RAMのような内部メモリ、フロッピーディスク、磁気ディスク、DVD-RAM等の他の記録媒体であってもよい。その場合にはCD-Rドライブ113を、対応する媒体で読み書き可能なドライブにする必要がある。更に本発明は記録媒体に書き込むまでの処理と図8に示された処理とが独立しており、それぞれを互いに異なるコンピュータで動作させることが可能である。図8に示された処理では記録媒体からの読み取りが可能であればよいので、図8に示された処理を行うコンピュータは、媒体に格納されたプログラム及びデータの読み取りのみが可能なドライブを備えていればよい。すなわち記録媒体としては更に、ROMのような内部メモリ、CD-ROM、DVD-ROM、メモ리카ートリッジ等の主に読み取り専用の記録媒体でもよい。その場合にはCD-Rドライブ113を、対応する媒体を読み取り可能なドライブにする必要がある。

【0352】さらに、以上は本発明をコンピュータ・プログラムにより実装した場合であるが、コンピュータ・プログラムと電子回路などの専用の装置の組み合わせ、又は電子回路などの専用の装置のみによっても実装することは可能である。その際、図8、図9、図11及び図15、図8、図9、図15及び図24、図8、図28、図29、及び図15、又は図8、図28、図29及び図24の各ステップに表される機能毎に装置を構成してもよいし、それらの一部又はそれらの組み合わせに毎に装置を構成することも考えられる。

【0353】以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。例えば、上記実施の形態では、通常のコンピュータをプラットフォームとして本発明を実現した場合について述べたが、本発明は家庭用ゲーム機、アーケードゲーム機などをプラットフォームとして実現しても良い。場合によっては、携帯情報端末、カーナビゲーション・システム等をプラットフォームにして実現することも考えられる。

【0354】また、本発明を実現するためのプログラムやデータは、コンピュータやゲーム機に対して着脱可能

なCD-R等の記録媒体により提供される形態に限定されない。すなわち、本発明を実現するためのプログラムやデータは、図1に示す通信インターフェース115により、通信回線141を介して接続されたネットワーク151上の他の機器側のメモリに上記プログラムやデータを記録し、このプログラムやデータを通信回線141を介して必要に応じて順次メモリ105に格納して使用する形態であってもよい。

【0355】〔表示例〕図32に、本発明を使用しない場合、すなわちポリゴン内の各画素の色をポリゴンの頂点の色で補間した場合の画像の一表示例を示す。例えば画像中央部の人物の顔の耳辺りから人物の顔向かって右側にかけて、明度が自然に変化していく様子がわかる。一方、図33に、明度範囲（しきい値）が2つ定義された明度範囲テーブルを使用し且つ本発明のアルゴリズムにて描画した場合の画像の一表示例を示す。図33で使用されている明度範囲テーブルを図34に示す。ここではしきい値0.3125に対して基準明度0.75、しきい値0に対して基準明度0.60と二段階に設定されている。図33は図32と異なり、画像中央部の人物の顔の耳辺りから人物の顔向かって右側にかけて、二段階の明度で塗り分けられていることがわかる。さらに、髪の毛や体、靴などの輪郭線も描画されている事がわかる。

【0356】本発明のアルゴリズムを使用することにより、輪郭線の描かれたセルアニメ調の画像を簡単な処理にて得ることができる。本発明では、輪郭描画用モデルを導入したり、フレーム・バッファへの書き込みの際に明度を格納する α 値と明度範囲を比較して所定の描画用色の書き込み可否を判断するという処理を余分に行うだけなので、従来技術により図32のような画像を生成したり、本発明のアルゴリズムで図33のような画像を生成したりすることを簡単に切り替えられる。また、セルアニメーションを人間の手で描く場合には、例えばキャラクターの様々な状態の画像を作成するには大きな手数がかかる。また、セルアニメ調のゲームキャラクターが表示されるゲームにおいても、同様の理由によりあまり多くの角度からのキャラクターの画像を作成できない。しかし、本発明を用いれば容易に多数の状態におけるセルアニメ調の画像を得ることができ、その手数を大幅に減少させることができる。

【0357】

【発明の効果】以上本発明によれば、明度のレベルに割り当てられた代表的な明度に基づいて定められた色で仮想空間に配置された立体モデルを描画すると共に、当該立体モデルに基づいて生成され且つ当該立体モデルを包含する輪郭描画用モデルの内側を所定の配色で描画する。これにより、輪郭線が描画される立体モデルに所定の彩色を施し、立体モデルのセルアニメ調の画像を描画できるようにするレンダリング方法及び装置並びにレン

ダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプログラムを実行するコンピュータの一例を示すブロック図である。

【図2】図1におけるグラフィックス処理部の一例を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1の機能ブロック図である。

【図4】実施の形態1及び2におけるカメラ、立体モデル、及び輪郭描画用モデルの位置関係を説明するための模式図である。立体モデル及び輪郭描画用モデルのおもて面が向いている方向を矢印で示している。

【図5】明度範囲テーブルの一例を示す表である。

【図6】実施の形態1及び2における輪郭描画用モデル生成処理のフローチャートである。

【図7】CD-R131に書き込まれたデータの例を示した模式図である。

【図8】本発明全体の処理を示すフローチャートである。

【図9】実施の形態1及び2の輪郭描画用モデル取得処理のフローチャートである。

【図10】かすれ表現をするためのテクスチャの一例である。

【図11】実施の形態1及び2の輪郭描画用モデル描画処理のフローチャートである。

【図12】三角形ポリゴンの表裏判定を説明するための模式図である。

【図13】表裏を判定する方法を説明するための模式図である。

【図14】実施の形態1及び2における三角形ポリゴンの表裏判定を説明するための模式図である。

【図15】実施の形態1及び3における立体モデル描画処理のフローチャートである。

【図16】ポリゴンモデルのデータ構造を示す模式図である。(a)は立体モデル全体のデータ構造を示し、(b)は透視変換前の三角形ポリゴンのデータ構造を示し、(c)は頂点データ・テーブルのデータ構造を示している。

【図17】図16(b)に対応する透視変換後の三角形ポリゴンのデータ構造を示す。

【図18】明度範囲テーブルの一例を示す表である。

【図19】本発明のアルゴリズムにより三角形ポリゴンを描画した場合において、処理の各段階を説明するための画像の一例である。(a)はしきい値0.75が設定された場合に描画される領域を示しており、(b)は実施の形態1においてZバッファを使用しない場合にしきい値0.5が設定された場合に描画される範囲を示しており、(c)は実施の形態1においてZバッファを使用した場合にしきい値0.5が設定された場合に描画される範囲を示している。

83

【図20】本発明のアルゴリズムにより三角形ポリゴンを描画した場合の画像の一例である。

【図21】従来技術により三角形ポリゴンを描画した場合における画像の一例である。

【図22】実施の形態2の機能ブロック図である。

【図23】実施の形態2及び4で使用される三角形ポリゴンのデータ構造の模式図である。図16(b)に対応するものである。

【図24】実施の形態2及び4における立体モデル描画処理のフローチャートである。

【図25】実施の形態3の機能ブロック図である。

【図26】実施の形態3及び4におけるカメラ、立体モデル、及び輪郭描画用モデルの位置関係を説明するための模式図である。立体モデル及び輪郭描画用モデルのおもて面が向いている方向を矢印で示している。

【図27】実施の形態3及び4における輪郭描画用モデル生成処理のフローチャートである。

【図28】実施の形態3及び4における輪郭描画用モデル取得処理のフローチャートである。

【図29】実施の形態3及び4における輪郭描画用モデル描画処理のフローチャートである。

【図30】実施の形態3及び4における三角形ポリゴンの表裏判定を説明するための模式図である。

【図31】実施の形態4の機能ブロック図である。

【図32】従来技術によりレンダリングした画像の一表示例である。

【図33】本発明を用いてレンダリングした画像の一表示例である。

【図34】図33のレンダリングにおいて使用された明度範囲テーブルの一例を示す表である。

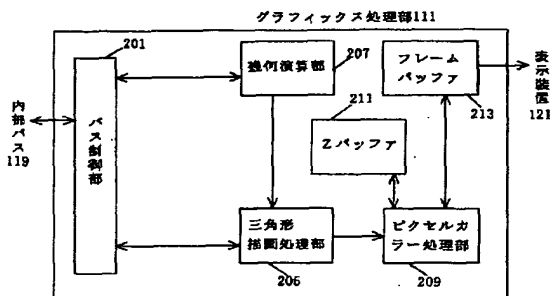
【符号の説明】

1000 コンピュータ 101 コンピュータ本体
103 演算処理部

84

105 メモリ 107 HDD 109 サウンド処理部
111 グラフィックス処理部 113 CD-Rドライブ
115 通信インターフェース 117 インターフェース部
119 内部バス 121 表示装置 125 サウンド出力装置
131 CD-R 141 通信媒体 151 ネットワーク
161 入力装置
201 バス制御部 205 三角形描画処理部
207 幾何演算部
209 ピクセルカラー処理部 211 Zバッファ
213 フレーム・バッファ
300, 700 輪郭描画用モデル取得部
305, 705 輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部
310, 710 輪郭描画用モデル処理部
315, 715 かすれ表現テクスチャ・マッピング部
330, 430, 730, 830 ピクセル処理部
333, 433, 733, 833 明度比較部
337, 437, 737, 837 隠面消去処理部
360, 460 頂点変換及び光源計算部
365, 465 明度計算部 370 描画用色計算部
375, 475 明度範囲テーブル 380, 480 明度範囲設定部
470 描画用色格納部
350, 450, 750, 850 輪郭描画用モデル描画部
390, 490, 790, 890 立体モデル描画部

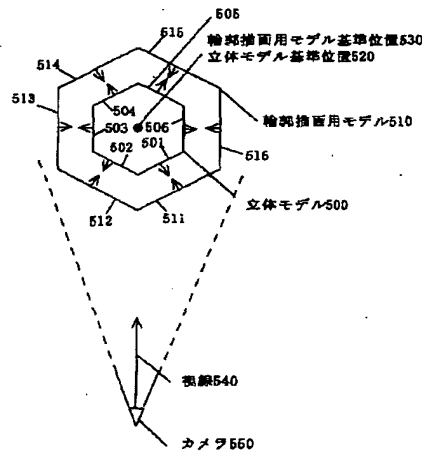
【図2】



【図34】

しきい値	基準明度
0.3125	0.75
0	0.60

【図4】



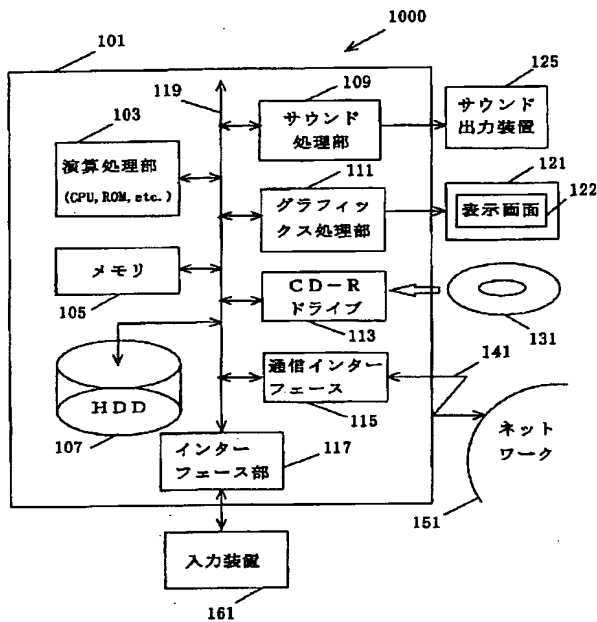
【図5】

しきい値	基準明度
0.75	0.75
0.50	0.50
0.00	0.25

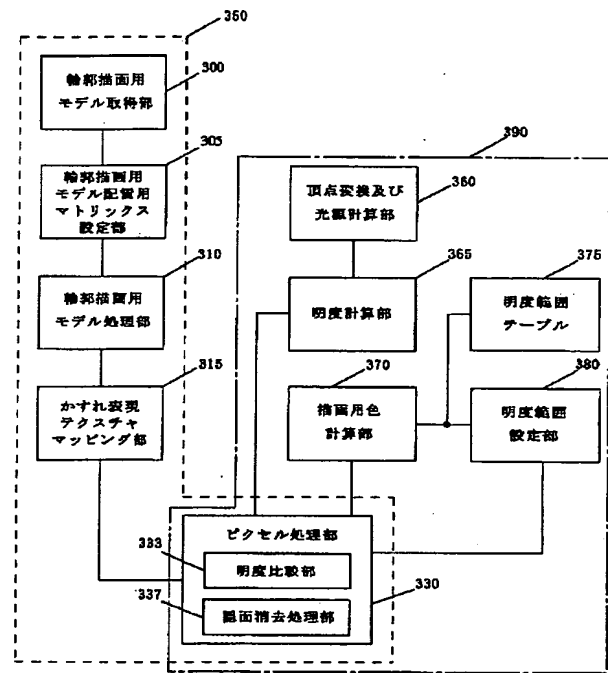
【図18】

明度範囲		基準明度
上限	下限	
1.00	0.75	0.75
0.74	0.50	0.50
0.49	0.00	0.25

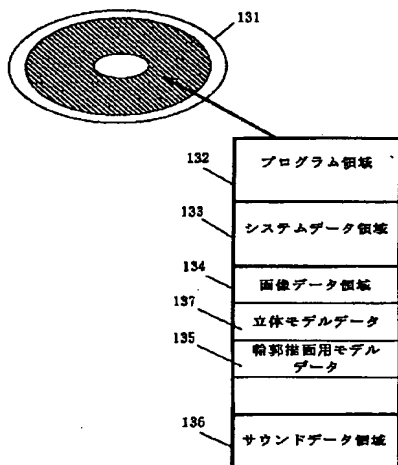
【図1】



【図3】



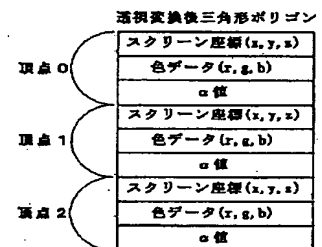
【図7】



【図10】



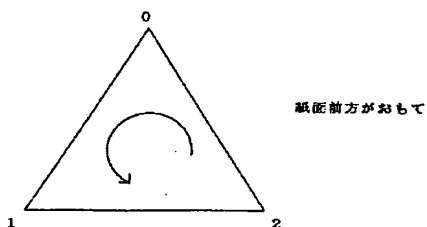
【図17】



【図23】

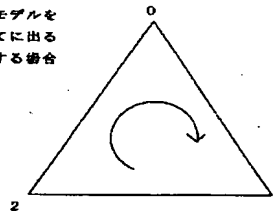
第1の明度範囲に対応する描画用色(r, g, b)
第2の明度範囲に対応する描画用色(r, g, b)
第3の明度範囲に対応する描画用色(r, g, b)
頂点データID X
頂点データID Y
頂点データID Z

【図12】

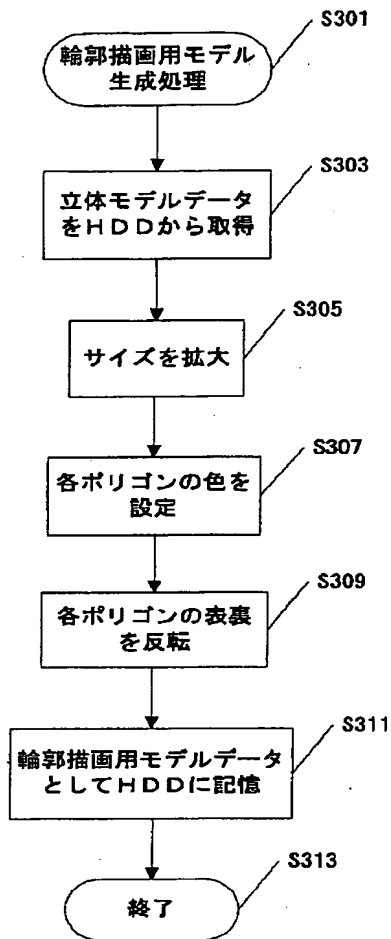


【図14】

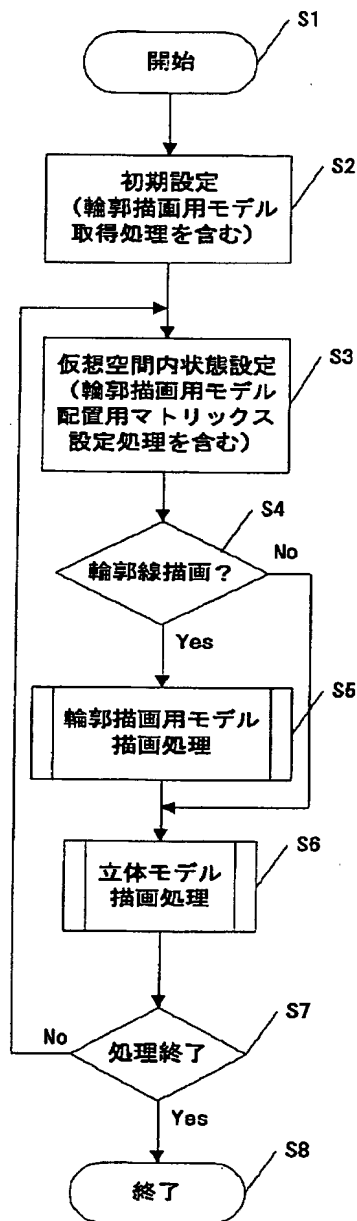
輪郭描画用モデルを裏面がおもてになるように作成する場合



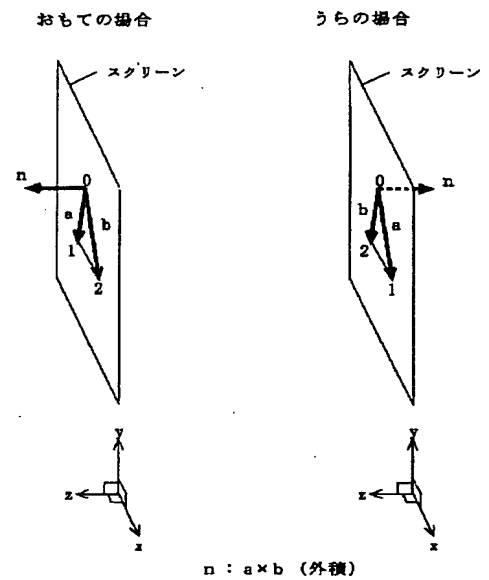
【図6】



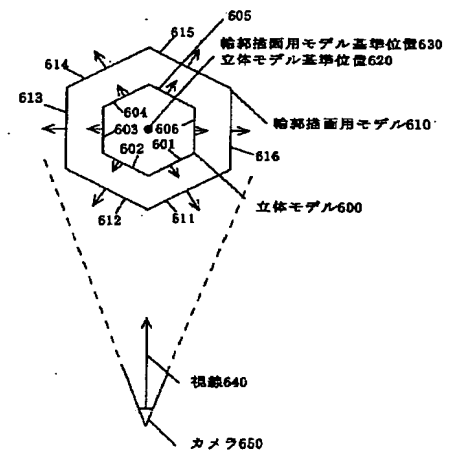
【図8】



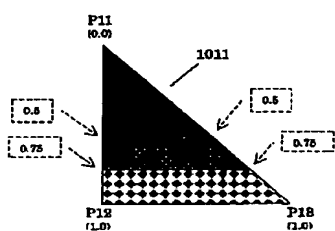
【図13】



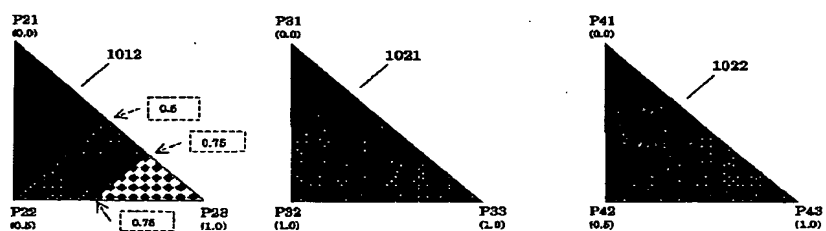
【図26】



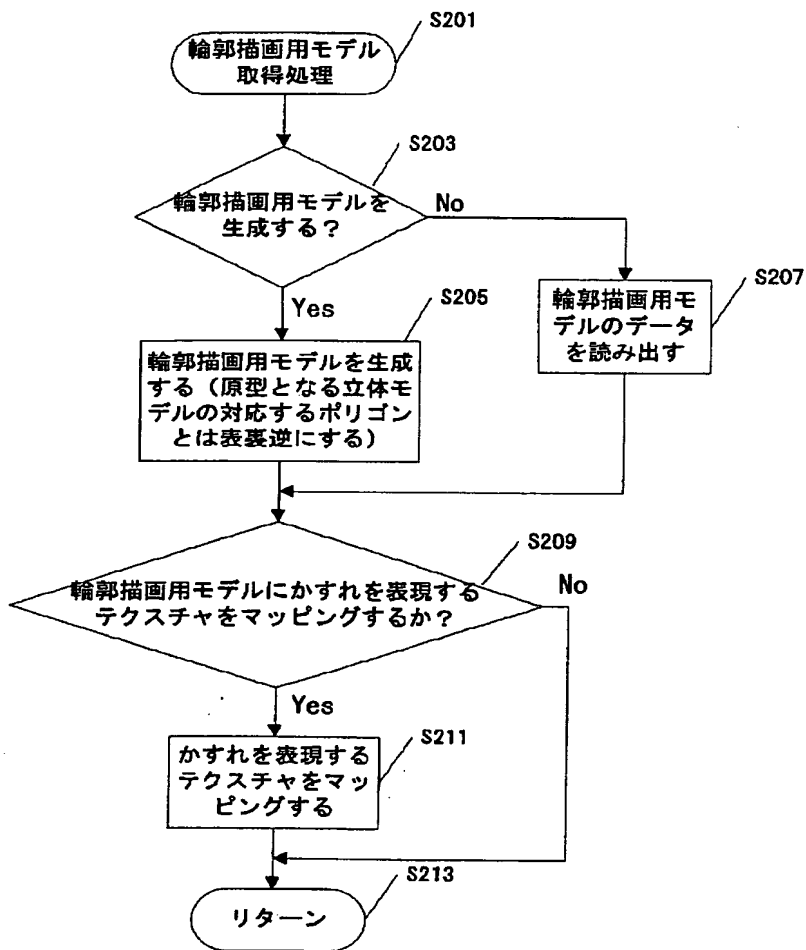
【図20】



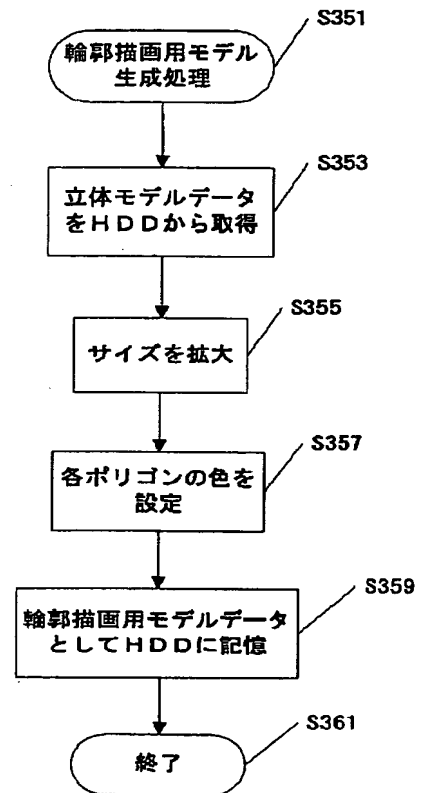
【図21】



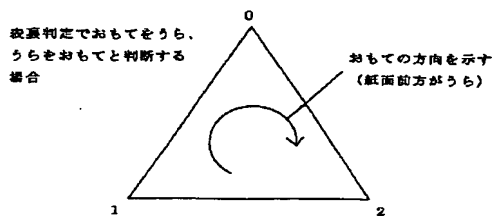
【図9】



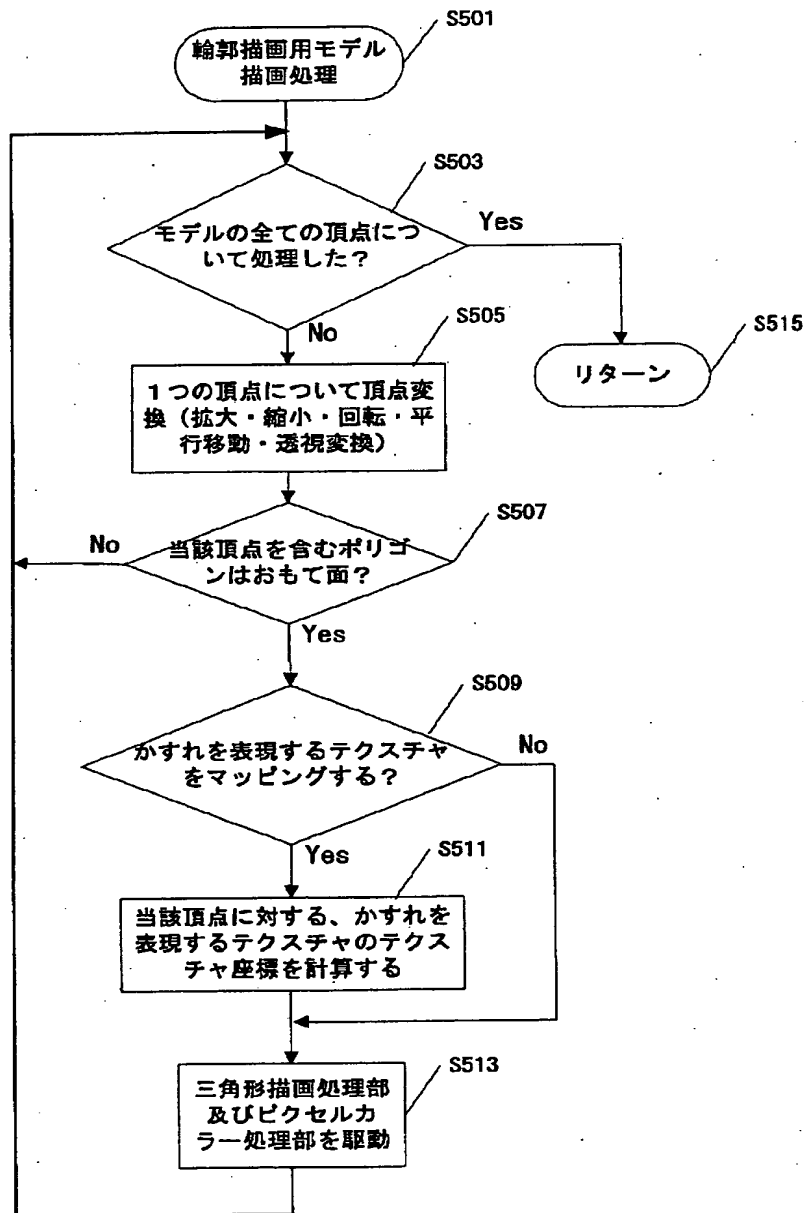
【図27】



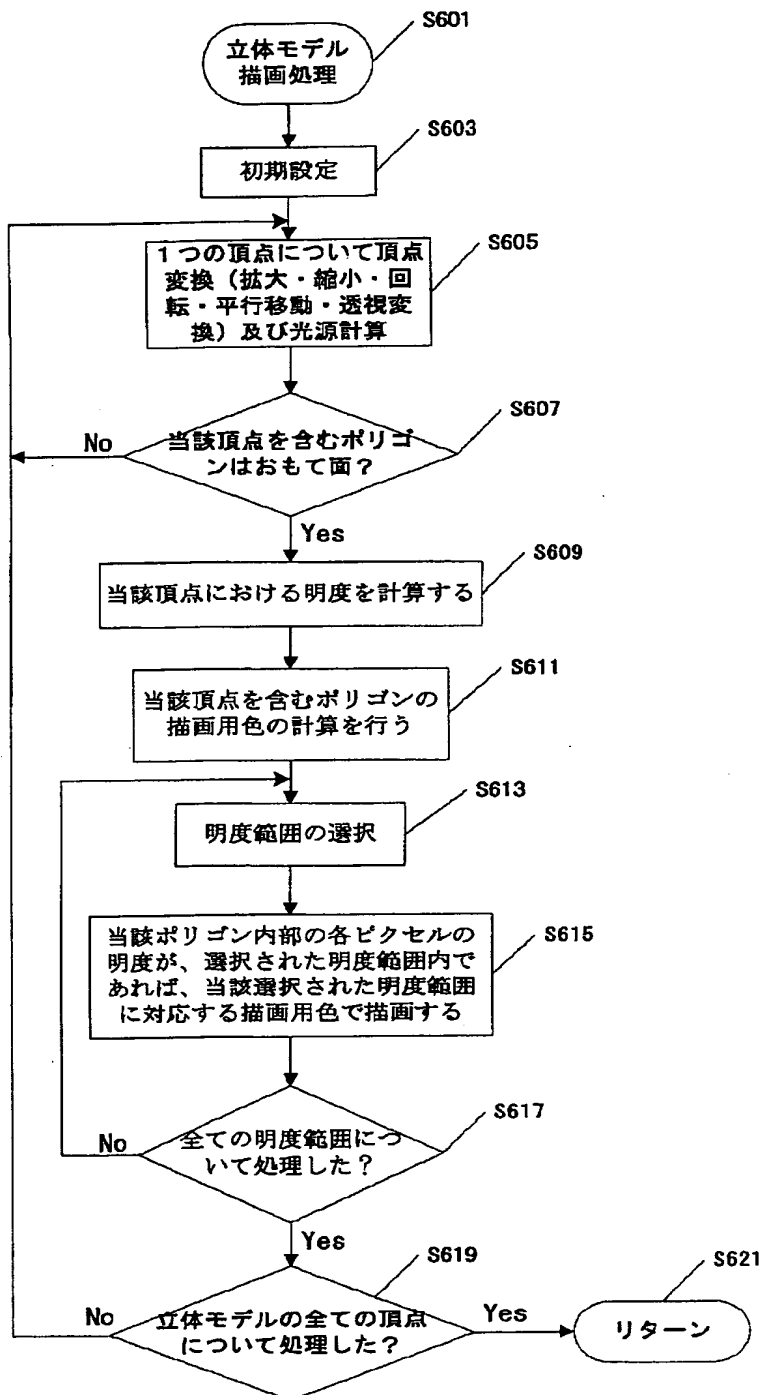
【図30】



【図11】



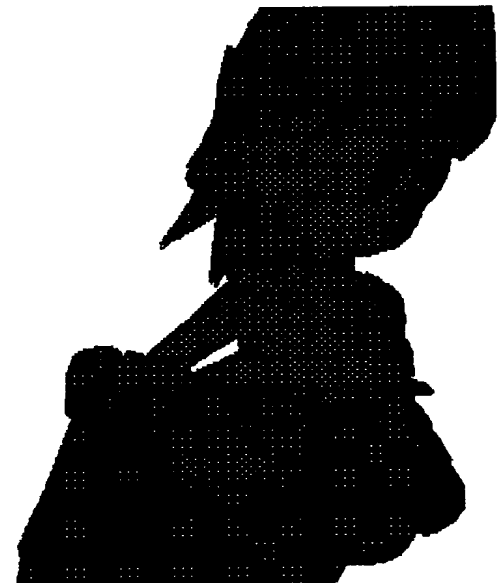
【図15】



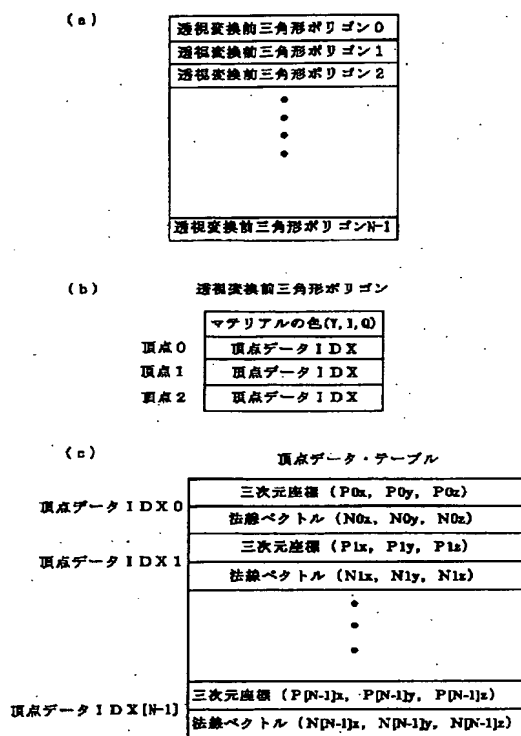
【図32】



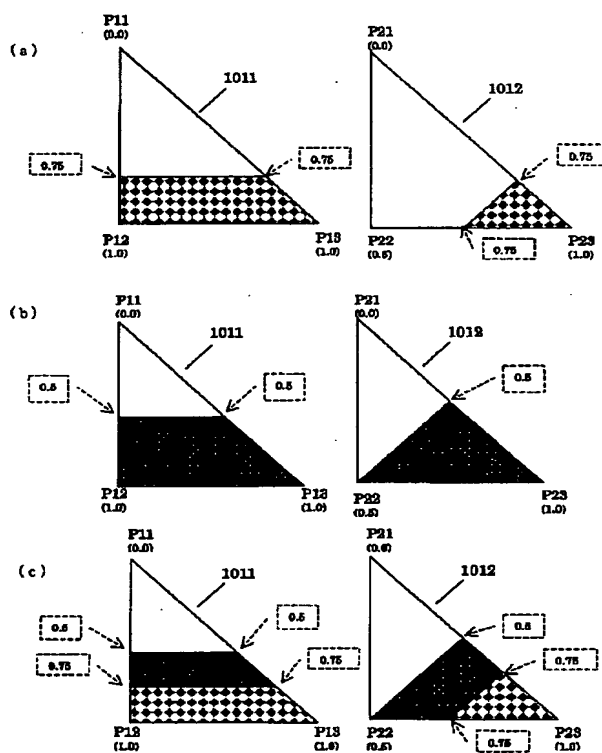
【図33】



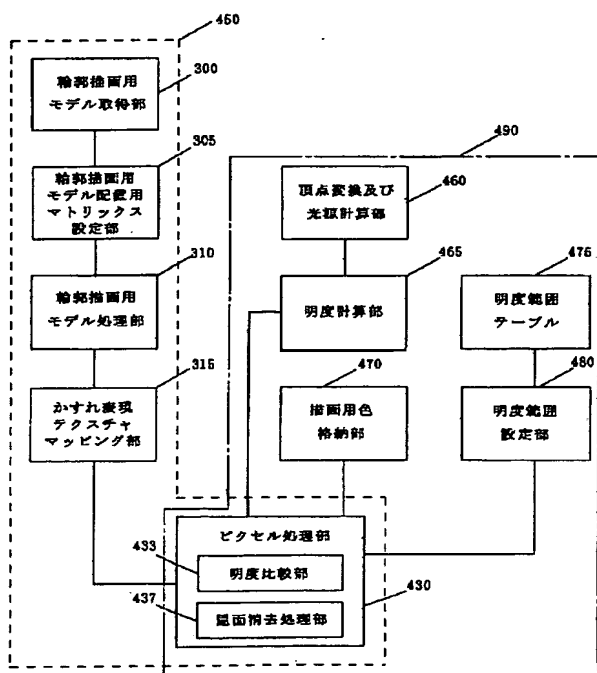
【図16】



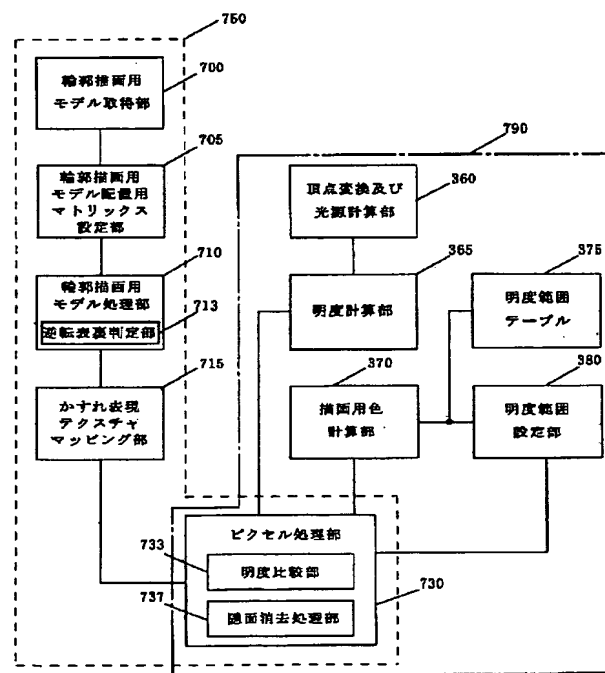
【図19】



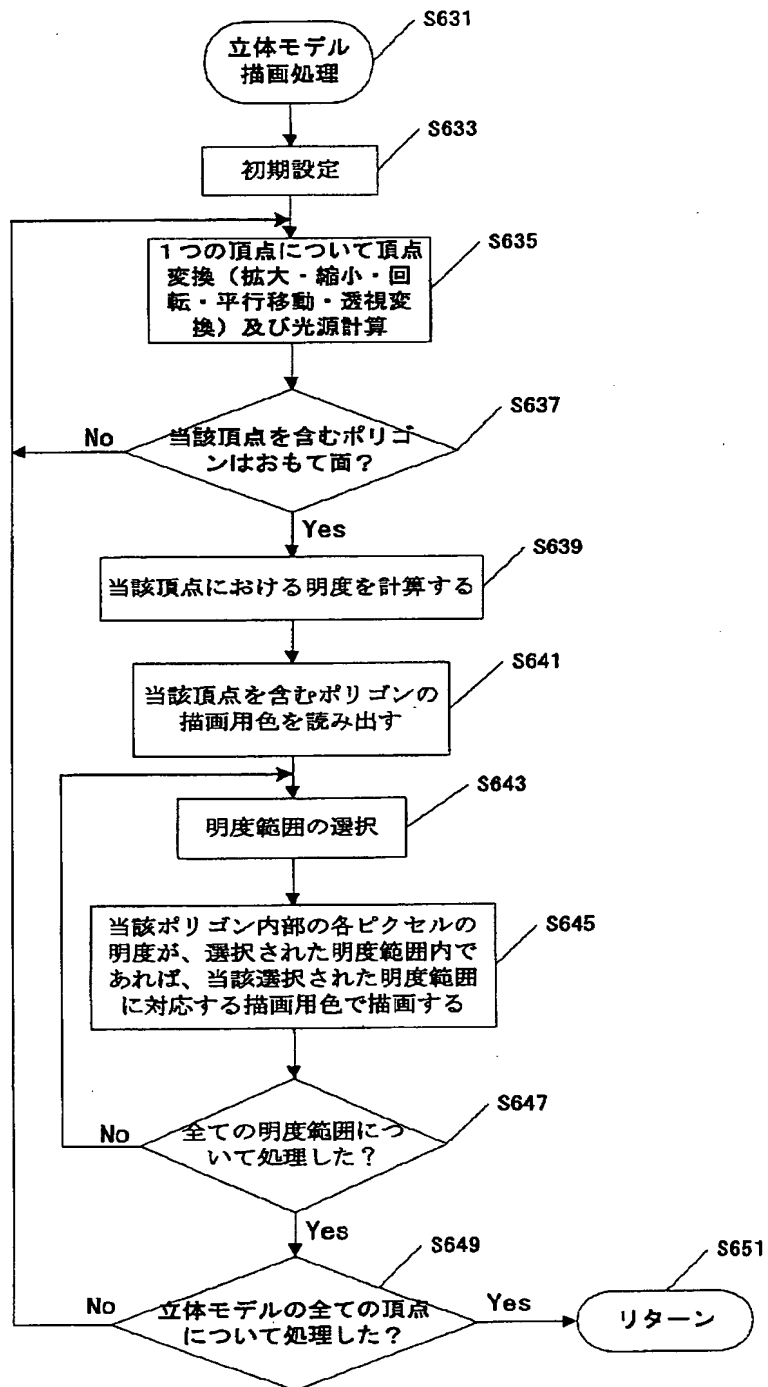
【図22】



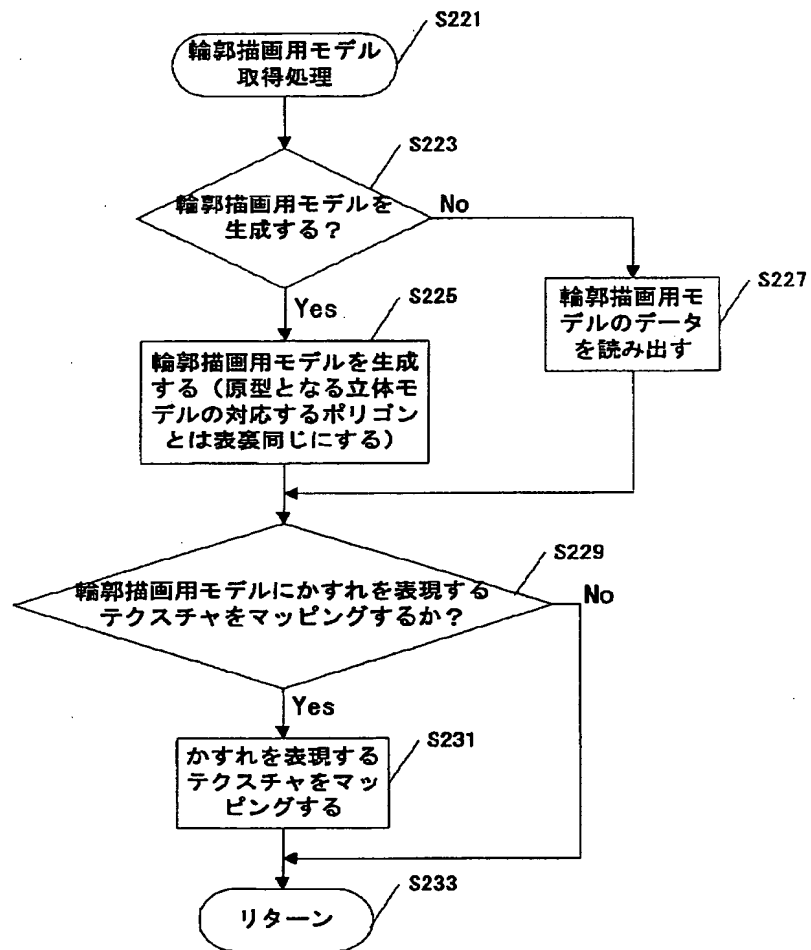
【図25】



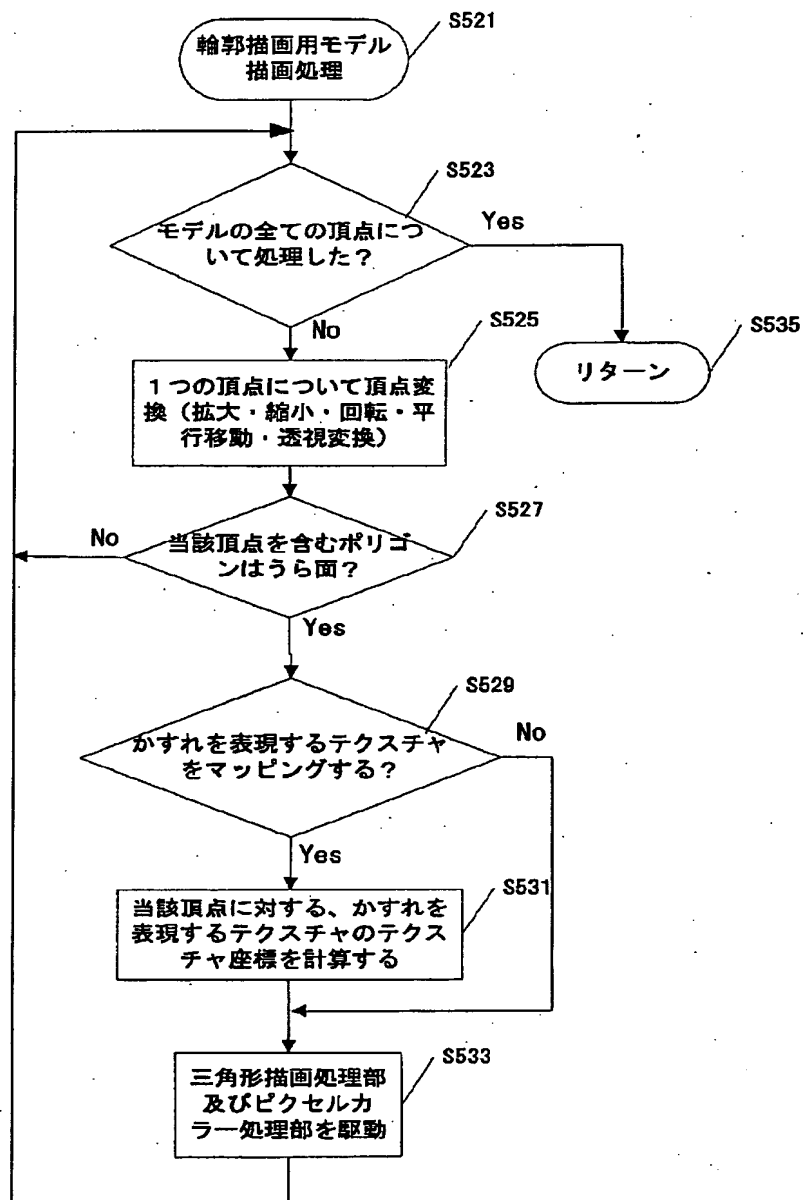
【図24】



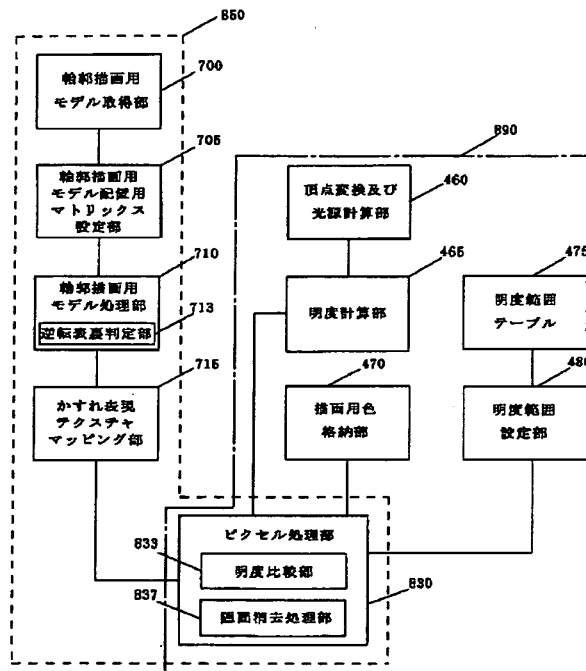
【図28】



【図29】



【図31】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開2000-251094 (J P, A)

特開2001-84394 (J P, A)

特開2001-79261 (J P, A)

特開2001-70634 (J P, A)

特開2000-172880 (J P, A)

R. Raskar, Image Precision Silhouette Edges, Proceedings of the 1999 symposium on Interactive 3D graphics, 米国, ACM, 1999年4月26日, 135-140

ノンフォトリアル・レンダリングの世界, 日経CG, 日本, 日経BP, 1998年5月8日, No. 140, 110-149

中嶋正之, アニメとコンピュータ, 情報処理, 日本, 情報処理学会, 1998年7月15日, vol. 39, No. 7, 613

<http://homepage1.nifty.com/kaneko/anibody.htm>, 平成13年6月12日現在

<http://www.red3d.com/cwr/npr/>, 平成13年6月12日現在

金子満, 3次元CG画像のふちどり線発生アルゴリズムについて, 1994年電子情報通信学会秋季大会, 日本, 電子情報通信学会, 1994年9月5日, Vol. 39, No. 6, 245

(58) 調査した分野(Int. Cl.⁷, DB名)

G06T 15/50 200

G06T 15/70

G06T 15/00

J I C S T ファイル (J O I S)

1. JP,3253020,B

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

(57) [Claim(s)]

[Claim 1] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the aforementioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the aforementioned solid model was reversed, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model. The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand. The 4th step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to the aforementioned given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the aforementioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 5th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The 6th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the aforementioned polygon, stores in storage, and draws the aforementioned polygon with the aforementioned classification-by-color cloth.

[Claim 2] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the aforementioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the aforementioned solid model was reversed, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model. The 3rd step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon. The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the aforementioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 4th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The 5th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the aforementioned polygon, stores in storage, and draws the aforementioned polygon with the aforementioned classification-by-color cloth, The 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the aforementioned given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[Claim 3] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the aforementioned solid model, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model. The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand. The 4th step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to the

above-mentioned given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the above-mentioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the above-mentioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 5th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The 6th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the above-mentioned polygon, stores in storage, and draws the above-mentioned polygon with the above-mentioned classification-by-color cloth.

[Claim 4] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the above-mentioned solid model, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the above-mentioned model for profile drawing in the position which includes the above-mentioned solid model. The 3rd step which calculates the field which constitutes the above-mentioned solid model, and where the above-mentioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon. The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the above-mentioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the above-mentioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 4th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The 5th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the above-mentioned polygon, stores in storage, and draws the above-mentioned polygon with the above-mentioned classification-by-color cloth, The 6th step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the above-mentioned given view position among the above-mentioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[Claim 5] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the above-mentioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the above-mentioned solid model was reversed, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the above-mentioned model for profile drawing in the position which includes the above-mentioned solid model. The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the above-mentioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand. The 4th step which calculates the field which constitutes the above-mentioned solid model, and where the above-mentioned polygon should be drawn according to the above-mentioned given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of the above-mentioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the above-mentioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn is calculated. The 6th step which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the above-mentioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [above-mentioned] only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [above-mentioned], and draws the pixel concerned.

[Claim 6] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the above-mentioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the above-mentioned solid model was reversed, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the above-mentioned model for profile drawing in the position which includes the above-mentioned solid model. The 3rd step which calculates the field which constitutes the above-mentioned solid model, and where the above-mentioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon. The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of the above-mentioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the above-mentioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding

to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The 5th step which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned], and draws the pixel concerned, The 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the aforementioned given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[Claim 7] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the aforementioned solid model, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model. The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand. The 4th step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to the aforementioned given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the aforementioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn is calculated. The 6th step which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned], and draws the pixel concerned.

[Claim 8] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed characterized by providing the following. The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the aforementioned solid model, and is stored in storage. The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model. The 3rd step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon. The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the aforementioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The 5th step which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned], and draws the pixel concerned, The 6th step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the aforementioned given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[Claim 9] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the aforementioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the aforementioned solid model was reversed by the aforementioned computer, and is stored in storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to the aforementioned given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the aforementioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 5th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The record medium which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set

as the aforementioned polygon, stores in storage, and is characterized by being a program for performing the 6th step which draws the aforementioned polygon with the aforementioned classification-by-color cloth and in which computer reading is possible.

[Claim 10] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the aforementioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the aforementioned solid model was reversed by the aforementioned computer, and is stored in storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the aforementioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 4th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The 5th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the aforementioned polygon, stores in storage, and draws the aforementioned polygon with the aforementioned classification-by-color cloth, The record medium which is characterized by being a program for performing the 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the aforementioned given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand and in which computer reading is possible.

[Claim 11] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the aforementioned solid model to the aforementioned computer, and is stored in it at storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to the aforementioned given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the aforementioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 5th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The record medium which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the aforementioned polygon, stores in storage, and is characterized by being a program for performing the 6th step which draws the aforementioned polygon with the aforementioned classification-by-color cloth and in which computer reading is possible.

[Claim 12] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the aforementioned solid model to the aforementioned computer, and is stored in it at storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the aforementioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. the above which was able to assign the lightness distribution of the above 1st calculated at the 4th step of the above for every level of lightness -- with the 2nd lightness distribution replaced with typical lightness The 5th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the aforementioned polygon, stores in storage, and draws the aforementioned polygon with the aforementioned classification-by-color cloth, The record medium which is characterized by being a program for performing the 6th step which draws only the

polygon which has turned the reverse side to the aforementioned given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand and in which computer reading is possible.

[Claim 13] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the aforementioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the aforementioned solid model was reversed by the aforementioned computer, and is stored in storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to the aforementioned given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the aforementioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The record medium which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned], and is characterized by being a program for performing the 6th step which draws the pixel concerned and in which computer reading is possible.

[Claim 14] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the aforementioned solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of the aforementioned solid model was reversed by the aforementioned computer, and is stored in storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the aforementioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The 5th step which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned], and draws the pixel concerned, The record medium which is characterized by being a program for performing the 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the aforementioned given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand and in which computer reading is possible.

[Claim 15] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the aforementioned solid model to the aforementioned computer, and is stored in it at storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to the aforementioned given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each

peak of the aforementioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the aforementioned polygon calculated at the 4th step of the above should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The record medium which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned], and is characterized by being a program for performing the 6th step which draws the pixel concerned and in which computer reading is possible.

[Claim 16] Stored the program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to the aforementioned solid model to the aforementioned computer, and is stored in it at storage, The 2nd step which arranges the aforementioned model for profile drawing in the position which includes the aforementioned solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes the aforementioned solid model, and where the aforementioned polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step of the above, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon. The lightness in each pixel position of the field where the aforementioned polygon calculated at the 3rd step of the above should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The 5th step which stores in storage the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned], and draws the pixel concerned, The record medium which is characterized by being a program for performing the 6th step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the aforementioned given view position among the aforementioned models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand and in which computer reading is possible.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the record medium which stored the method, the equipment, and the rendering program which carry out the rendering of the solid model in a virtual space and in which computer reading is possible.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the technology about computer graphics (CG) has accomplished rapid progress. How does one field of CG technology currently studied perform a more realistic rendering? A more realistic picture is increasingly expressed by such technology.

[0003] On the other hand, there are some which perform a non-reality-rendering (non-photorealistic rendering) in other fields of CG technology currently studied. This un-realistic rendering technology tends to express the picture of a handwriting tone by CG. As one of them, even when states, such as a view position in virtual three-dimensions space, the direction of a visual axis or an arrangement position of a solid model, a direction, and a configuration, are changed, various picture generation technology which draws the border line of the solid model concerned correctly automatically is also studied.

[0004] For example, in case the rendering of the solid model is carried out, the technology in which each side detects whether it is a profile portion, and draws a border line is shown in JP,7-85310,A by making into a unit the side of the polygon which constitutes the solid model concerned. Moreover, the technology in which each pixel detects whether it is a profile portion, and draws a border line is shown in JP,7-160905,A by making into a unit the pixel in the display image to which the rendering of the solid model concerned is carried out.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, according to the conventional technology, in order to draw a border line, the processing which disassembles a solid model per the side unit of a polygon or pixel by which a rendering is carried out, and detects a profile portion is required. Therefore, the processing which draws a border line was very complicated.

[0006] Moreover, it is cell animation (cel animation.) as present and un-realistic rendering technology. It is called cell animation below. Technology which generates a picture [like] by CG is also desired. This is because the trouble can be sharply decreased if these pictures can generate by CG, although big trouble starts in creating the picture of a state with various characters by human being's hand in cell animation.

[0007] It is possible to give coloring same with having been carried out by human being's hand as the technique of carrying out the rendering of the solid model and generating the picture of a cell animation tone. In addition, if the border line of the solid model concerned is drawn, the picture generated will become a cell animation tone more.

[0008] Therefore, the purpose of this invention is offering the record medium which stored the rendering method, the equipment, and the rendering program which draw the border line of the solid model concerned by easy processing while painting to a cell animation tone at the solid model arranged at the virtual space, and enable it to draw the picture of the cell animation tone of the solid model concerned and in which computer reading is possible.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The rendering method which carries out the rendering of the solid model concerning the 1st mode of this invention arranged in a virtual space The 1st step which arranges the model for profile drawing generated based on the solid model in the position which includes a solid model, The 2nd step which draws the inside of the model for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, Typical lightness which a level division is carried out in the range with fixed lightness, and is different on each level is assigned. A classification-by-color cloth is generated based on the 2nd lightness distribution which transposed the 1st lightness

distribution which is the lightness distribution of the field where a solid model should be drawn to the typical lightness which was able to be assigned for every level of lightness, and the color beforehand set as the solid model, and the 3rd step which draws a solid model with a classification-by-color cloth is included.

[0010] Although the rendering of the outside of the very thing a solid model usually appears from a table is carried out, the rendering of the inside of the very thing this model for profile drawing does not appear from a table is carried out. Coloring of a cell animation tone is attained by drawing a solid model as the border line was drawn and by drawing the model for profile drawing as stated in the top described in the top.

[0011] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed concerning the 2nd mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 4th step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 5th step for every level of lightness, A classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the polygon, and the 6th step which draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned is included.

[0012] The rendering method concerning the 3rd mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 3rd step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 4th step for every level of lightness, A classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the polygon, and the 5th step which draws the aforementioned polygon with the classification-by-color cloth concerned, and the 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand are included. As for the 3rd mode, the turn of drawing processing of the 2nd mode differs.

[0013] The rendering method concerning the 4th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 4th step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 5th step for every level of lightness, A classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the polygon, and the 6th step which draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned is included.

[0014] The rendering method concerning the 5th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 3rd step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 4th step for every level of lightness, A

classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the polygon, and the 5th step which draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned, and the 6th step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand are included. As for the 5th mode, the turn of drawing processing of the 4th mode differs.

[0015] The rendering method concerning the 6th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where the polygon calculated at the 4th step should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, the 6th step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level is included.

[0016] The rendering method concerning the 7th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where the polygon calculated at the 3rd step should be drawn is calculated. The 5th step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, The 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand is included. The turn of drawing processing [in / the 6th mode / in the 7th mode] differs.

[0017] The rendering method concerning the 8th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where the polygon calculated at the 4th step should be drawn is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, the 6th step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level is included.

[0018] The rendering method concerning the 9th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where the polygon calculated at the 3rd step should be drawn is calculated. The 5th step which

draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, The 6th step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand is included. The turn of drawing processing [in / the 7th mode / in the mode of the octavus] differs.

[0019] The program which carries out the rendering of the solid model concerning the 10th mode of this invention arranged in a virtual space The 1st step which arranges the model for profile drawing generated by the computer based on the solid model in the position which includes a solid model, The 2nd step which draws the inside of the model for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, Typical lightness which a level division is carried out in the range with fixed lightness, and is different on each level is assigned. The 2nd lightness distribution which transposed the 1st lightness distribution which is the lightness distribution of the field where a solid model should be drawn to the typical lightness which was able to be assigned for every level of lightness, It is a program for performing the 3rd step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the solid model, and draws a solid model with the classification-by-color cloth concerned.

[0020] The program which carries out the rendering of the solid model which consisted of two or more polygons which make a table the outside of the body which it is arranged in a virtual space and expressed concerning the 11th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed by the computer, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 4th step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 5th step for every level of lightness, It is a program for performing the 6th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the polygon, and draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned.

[0021] The rendering program concerning the 12th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed by the computer, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 3rd step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 4th step for every level of lightness, The 5th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the polygon, and draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned, It is a program for performing the 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[0022] The rendering program concerning the 13th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model to a computer, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 4th step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 5th step for every level of lightness, It is a program for performing the 6th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the polygon, and draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned.

[0023] The rendering program concerning the 14th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model to a computer, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which calculates the 1st lightness distribution to the field where the polygon calculated at the 3rd step should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 4th step for every level of lightness, The 5th step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the polygon, and draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned, It is a program for performing the 6th step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[0024] The rendering program concerning the 15th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed by the computer, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where a polygon should be drawn calculated at the 4th step is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, it is a program for performing the 6th step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level.

[0025] The rendering program concerning the 16th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing with which it corresponded to the solid model, and the front reverse side of the polygon corresponding to each polygon of a solid model was reversed by the computer, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where a polygon should be drawn calculated at the 3rd step is calculated. The 5th step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, It is a program for performing the 6th step which draws only the polygon which has turned the table to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[0026] The rendering program concerning the 17th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model to a computer, The 2nd step which arranges the model for profile drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, The 4th step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 5th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 5th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where a polygon should be drawn calculated at the 4th step is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, it is a program for performing the 6th step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level.

[0027] The rendering program concerning the 18th mode of this invention The 1st step which acquires the model for profile drawing corresponding to a solid model to a computer, The 2nd step which arranges the model for profile

drawing in the position which includes a solid model, The 3rd step which calculates the field which constitutes a solid model, and where a polygon should be drawn according to a given view position for every polygon, The 4th step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 4th step, it is based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon. The lightness in each pixel position of the field where a polygon should be drawn calculated at the 3rd step is calculated. The 5th step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, It is a program for performing the 6th step which draws only the polygon which has turned the reverse side to the given view position among the models for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand.

[0028] In addition, the program concerning the 10th of this invention or the 18th mode is stored in a record medium or storage, such as CD-ROM, a floppy disk, a memory cartridge, memory, and a hard disk. Thus, the rendering equipment and game equipment which are described below are realizable by making the program stored in a record medium or storage read into a computer. Moreover, by making this into a software product, with equipment, it can distribute and can sell now independently easily with a record medium. Furthermore, the graphics technology of this invention can carry out now easily by such hardware by executing this program using hardware, such as a computer.

[0029] The rendering equipment which carries out the rendering of the solid model concerning the 19th mode of this invention arranged in a virtual space A means to arrange the model for profile drawing generated based on the solid model in the position which includes a solid model, Typical lightness which a level division is carried out in a means to draw the inside of the model for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, and the range with fixed lightness, and is different on each level is assigned. The 2nd lightness distribution which transposed the 1st lightness distribution which is the lightness distribution of the field where a solid model should be drawn to the typical lightness which was able to be assigned for every level of lightness, [0030] which has a means to generate a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the solid model, and to draw a solid model with the classification-by-color cloth concerned By making a computer perform each step in the rendering method concerning the 1st of this invention, or the 9th mode, it becomes possible to acquire the same effect as the rendering method described in the top. Therefore, the rendering technology of this invention can carry out now easily by such hardware by performing the indicated processing step using hardware, such as a computer.

[0031] The game equipment which carries out the rendering of the solid model concerning the 20th mode of this invention arranged in a virtual space has a computer and the record medium which stored the program which a computer is made to execute and in which computer reading is possible. The function which arranges the model for profile drawing with which this program was generated by the computer based on the solid model in the position which includes a solid model, Typical lightness which a level division is carried out in the function which draws the inside of the model for profile drawing in the color scheme which was able to be defined beforehand, and the range with fixed lightness, and is different on each level is assigned. The 2nd lightness distribution which transposed the 1st lightness distribution which is the lightness distribution of the field where a solid model should be drawn to the typical lightness which was able to be assigned for every level of lightness, A classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the solid model, and the function which draws the aforementioned solid model with the classification-by-color cloth concerned is made to carry out.

[0032]

[Embodiments of the Invention] First, when carrying out this invention by the computer program, an example of a computer 1000 which executes the computer program concerned is shown in drawing 1. The computer 1000 contains the main part 101 of a computer, and this main part 101 of a computer contains the data-processing section 103 connected to the internal bus 119, memory 105, a hard disk drive HDD 107, the sound processing section 109, the graphics operation section 111, CD-R drive 113, a communication interface 115, and the interface section 117.

[0033] The graphics operation section 111 is connected to the display 121 which has the display screen 122 at the sound output unit 125 whose sound processing section 109 of this main part 101 of a computer is a loudspeaker. Moreover, CD-R drive 113 can be equipped with CD-R131. A communication interface 115 is connected through a network 151 and communication media 141. The input unit 161 is connected to the interface section 117.

[0034] The data-processing section 103 executes the program stored on HDD107 or CD-R131 including CPU, ROM, etc., and controls a computer 1000. Memory 105 is the work area of the data-processing section 103. HDD107 is a storage region for saving a program and data. When it is being directed that the program currently performed by the data-processing section 103 performs a sound output, the sound processing section 109 interprets the directions, and outputs a sound signal to the sound output unit 125.

[0035] The graphics operation section 111 outputs the signal for displaying on the display screen 122 of display 121 according to the drawing instruction outputted from the data-processing section 103. CD-R drive 113 performs a program and R/W of data to CD-R131. A communication interface 115 is connected to a network 151 through communication media 141, and communication with other computers etc. is performed. The interface section 117 outputs the input from an input unit 161 to memory 105, and the data-processing section 103 interprets it and it carries out data processing.

[0036] The program and data concerning this invention are memorized by the beginning 131, for example, CD-R. And this program and data are read by CD-R drive 113 at the time of execution, and are loaded to memory 105. The data-processing section 103 processes the program and data concerning this invention which were loaded to memory 105, and outputs a drawing instruction to the graphics operation section 111. In addition, middle-data are memorized by memory 105. The graphics operation section 111 processes according to the drawing instruction from the data-processing section 103, and outputs the signal for displaying on the display screen 122 of display 121.

[0037] Next, an example of the graphics operation section 111 shown in drawing 1 is explained in detail using drawing 2. The graphics operation section 111 The exchange with the internal bus 119 An exchange of the bus control section 201 and the bus control section 201 to perform, and data The pixel color processing section 209 which carries out reception processing for the data from the geometric operation part 207 to perform and the triangle drawing processing section 205, and the triangle drawing processing section 205, and Z value of each pixel are stored. by and the pixel color processing section 209 Z-uffer 211 used and the frame buffer 213 which stores the data for the display screens from the pixel color processing section 209 are included. In addition, the status signal from a frame buffer 213 is outputted to display 121.

[0038] The bus control section 201 of the graphics operation section 111 receives through the internal bus 119, and outputs the drawing instruction outputted from the data-processing section 103 to the geometric operation part 207 in the graphics operation section 111, or the triangle drawing processing section 205. Processing for outputting the output of the geometric operation part 207 or the triangle drawing processing section 205 to memory 105 through the internal bus 119 depending on the case is also performed. The geometric operation part 207 carries out geometric operations, such as coordinate transformation, light source calculation, rotation, and reduction expansion. The geometric operation part 207 outputs the result of a geometric operation to the triangle drawing processing section 205.

[0039] The triangle drawing processing section 205 interpolates the data of each vertex of a triangle polygon, and generates the data in each point inside a triangle polygon. The pixel color processing section 209 uses the data in each point inside the triangle polygon which the triangle drawing processing section 205 generates, and writes a display image in a frame buffer 213. Under the present circumstances, the pixel color processing section 209 performs hidden surface elimination using Z-uffer 211.

[0040] For example, the data-processing section 103 uses the information about the position, the color, and the light source of each vertex of a triangle polygon in a world-coordinate system as data at the graphics operation section 111, and when the drawing instruction to which transparent transformation and light source calculation are performed is outputted, the following processings are carried out within the graphics operation section 111. The bus control section 201 which received the drawing instruction outputs an instruction to the geometric operation part 207. The geometric operation part 207 carries out transparent transformation and light source calculation, and calculates the coordinate value (Z value is included) and color in a screen coordinate system of each vertex of a triangle polygon. The geometric operation part 207 outputs this calculation result to the triangle drawing processing section 205.

[0041] The triangle drawing processing section 205 calculates the coordinate value (Z value is included) and color in each pixel inside a triangle polygon using the coordinate value (Z value is included) and color in each vertex of a triangle polygon. Furthermore, the triangle drawing processing section 205 outputs the coordinate value (Z value is included) and color in each of this pixel to the pixel color processing section 209. The pixel color processing section 209 reads the present Z value of the pixel concerned from Z-uffer 211, and compares with Z value outputted from the triangle drawing processing section 205. If outputted Z value is smaller than the present Z value, the pixel color processing section 209 stores outputted Z value in the storage location in Z-uffer 211 corresponding to the pixel concerned, and stores the color of the pixel concerned in the storage location in the frame buffer 213 corresponding to the coordinate value of the pixel concerned.

[0042] In addition, transparency (alpha value) may be set as the color of the pixel concerned. In this case, the pixel color processing section 209 compounds the color memorized by the storage location in the frame buffer 213 corresponding to the coordinate value of the pixel concerned, and the color of the pixel concerned based on alpha value. Consequently, combination color is generated. The pixel color processing section 209 stores the generated combination color in the same storage location as a front. Especially in this invention, the pixel color processing section 209 also carries out processing which memorizes the color in the pixel to the position of a frame buffer 213,

only when this alpha value is fixed within the limits.

[0043] The form of each operation shown below is carried out by computer shown in drawing 1 .

[0044] 1. Explain the outline of the form 1 of operation of this invention to the primary form of operation using the functional block diagram of drawing 3 . The model drawing section 350 for profile drawing and the solid model drawing section 390 are contained in the rendering equipment illustrated as a form 1 of operation. The model acquisition section 300 for profile drawing, the matrix setting section 305 for model arrangement for profile drawing, the model processing section 310 for profile drawing, the blur expression texture mapping section 315, and the pixel processing section 330 shared with the solid model drawing section 390 are contained in this model drawing section 350 for profile drawing. Each of these functions are delivering data in the turn described in the top.

[0045] Moreover, peak conversion and the light source calculation section 360, the lightness calculation section 365, the lightness range table 375, the color calculation section 370 for drawing, the lightness entry section 380, and the pixel processing section 330 shared with the model drawing section 350 for profile drawing are contained in the solid model drawing section 390. The output of peak conversion and the light source calculation section 360 is inputted into the lightness calculation section 365. The output of the lightness calculation section 365 is inputted into the pixel processing section 330. The lightness range table 375 is referred to at both the color calculation section 370 for drawing, and the lightness entry section 380. The output of the color calculation section 370 for drawing and the lightness entry section 380 is inputted into the pixel processing section 330. The lightness comparator 333 used by solid model drawing processing and the hidden surface elimination processing section 337 used by both the model drawing processing for profile drawing and solid model drawing processing are contained in the pixel processing section 330 which the model drawing section 350 for profile drawing and the solid model drawing section 390 share.

[0046] The model acquisition section 300 for profile drawing generates the model for profile drawing corresponding to the solid model which consisted of for example, triangle polygons. In addition, when the model for profile drawing is generated beforehand, the model acquisition section 300 for profile drawing reads the model for profile drawing which consisted of triangle polygons concerned currently generated beforehand. In addition, with the polygon to which a solid model corresponds, as for each polygon of the model for profile drawing acquired, the front reverse side is reverse. Moreover, the model for profile drawing is larger than a solid model, and is defined by the predetermined color scheme for border lines.

[0047] In addition, although the model for profile drawing must finally be relatively larger than a corresponding solid model, the size of the model for profile drawing in this stage may be the same as a solid model. In this case, it is processed so that the model for profile drawing may be relatively drawn greatly from a solid model, by the time the model for profile drawing and a solid model are drawn. Moreover, the color of the model for profile drawing may succeed the color of the material of a corresponding solid model as it is. In this case, the color for drawing is specified independently.

[0048] The criteria position of this model for profile drawing is the same as the criteria position of the solid model which usually corresponds, or is defined as being located in the near. For example, the case where the size of the model 510 for profile drawing is defined as drawing 4 somewhat more greatly than the size of the solid model 500 is shown. By this drawing 4 , the direction of an arrow of each side shows the right face. In the solid model 500, the outside of each field of a hexagon is a right face, and, as for the model 510 for profile drawing, the inside of each side of a hexagon serves as a right face.

[0049] Both the model criteria positions 530 for profile drawing that are the solid model criteria position 520 which is a criteria position of the solid model 500, and a criteria position of the model 510 for profile drawing are defined as the center of each model. Moreover, centering on the model criteria position 530 for profile drawing, the model 510 for profile drawing is defined somewhat more greatly than the solid model 500.

[0050] And the matrix setting section 305 for model arrangement for profile drawing sets up the matrix for arrangement for arranging the model criteria position 530 for profile drawing in a virtual space in the same position as the solid model criteria position 520. That is, the model 510 for profile drawing is arranged in the position which includes the solid model 500 by setting up so that the conversion the parallel displacement of the model criteria position 530 for profile drawing is carried out [conversion] for the matrix for arrangement of the model 510 for profile drawing to the coordinate of the solid model criteria position 520 may be included.

[0051] Lessons is taken for the model processing section 310 for profile drawing from each peak of the model for profile drawing, and it carries out peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation), and carries out the front reverse side judging of each side of the model for profile drawing. The matrix for arrangement described in the top is also used for this peak conversion. In addition, light source calculation is not carried out here. For example, when it not only carries out transparent transformation, but the model for profile drawing of the same size as a solid model is acquired in enlarging or contracting, rotation and a parallel

displacement, and the model acquisition section 300 for profile drawing according to the state where it was specified in the virtual space which is virtual three-dimensions space, the model processing section 310 for profile drawing carries out peak conversion for expanding the size of the model for border-line drawing. When it expands here, the relation between a solid model and the model for profile drawing becomes like drawing 4 .

[0052] Moreover, the front reverse side judging of a field is performed in order to remove the field whose same direction as the direction of the look 540 from a camera 550 is the direction of a right face from the object of drawing. In the example of drawing 4 , the fields 511 and 512 near the camera 550 of the model 510 for profile drawing separate for drawing. If it does in this way, since it will be in the outside of the solid model 500 and will separate from the field near a camera 550 for drawing, the solid model 500 is drawn as processing of the solid model drawing section 390. On the other hand, as for the model 510 for profile drawing, only the back fields 513, 514, 515, and 516 serve as a candidate for drawing from the solid model 500. However, since hidden surface elimination is performed in the hidden surface elimination processing section 335 of the pixel processing section 330, even if it becomes a candidate for drawing, all the fields are not drawn.

[0053] The blur expression texture mapping section 315 carries out processing for becoming blurred to the model for profile drawing, and mapping the texture for expression so that it may become the line by which the border line drawn as a result is blurred. This texture for blur expression shows an example later by the texture which has a pattern including change of lightness or transparency. In addition, since there is no need that the border line is not necessarily blurred, processing of the blur expression texture mapping section 315 is carried out alternatively.

[0054] Vertex conversion of the solid model drawing section 390 and the light source calculation section 360 carry out vertex conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about each vertex of the triangle polygon which constitutes the solid model arranged in virtual three-dimensions space (calculating the field where a triangle polygon is drawn), and perform light source calculation about each vertex of the triangle polygon by which vertex conversion was carried out. Moreover, vertex conversion of the solid model drawing section 390 and the light source calculation section 360 also perform the front reverse side judging of the three square shape each polygon of a solid model. Light source calculation calculates shading (brightness) produced with the imagination beam of light emitted from the light source.

[0055] Also in peak conversion of the solid model drawing section 390, and the light source calculation section 360 It doubles with the state where it was specified in virtual three-dimensions space. enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation it not only carries out, but When the model for profile drawing after being processed in the model processing section 310 for profile drawing is the same size as a solid model, peak conversion for reducing the size of a solid model so that a solid model may become small relatively to the model for profile drawing is carried out.

[0056] When peak conversion and the light source calculation section 360 perform solid model-reduction processing, the relation between the solid model 500 and the model 510 for profile drawing becomes like drawing 4 . Moreover, the front reverse side judging of a field is the same as the model processing section 310 for profile drawing, and the field whose same direction as the direction of a look of a camera is the direction of a right face among the fields of a solid model is excepted from the candidate for drawing. In the example of drawing 4 , it sees from a camera and the back fields 503, 504, 505, and 506 are excepted from the candidate for drawing.

[0057] The lightness calculation section 365 calculates lightness from the color in each vertex of the triangle polygon which vertex conversion and the light source calculation section 360 calculated. Usually, since peak conversion and the light source calculation section 360 calculate the color in a RGB system, the lightness calculation section 365 carries out YIQ conversion of this RGB, and searches for Lightness Y. The lightness in each vertex of this triangle polygon is outputted to the pixel processing section 330.

[0058] The lightness range table 375 is a table like drawing 5 . That is, a threshold and criteria lightness are set as criteria lightness 0.25 and three stages (level) to the criteria lightness 0.50 and the threshold 0.00 on the table used as the pair here to the criteria lightness 0.75 and the threshold 0.50 to the threshold 0.75. In addition, lightness shall take the real numeric values from 0 to 1 here. Specification of the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is sufficient (for example, refer to drawing 18). With reference to this lightness range table 375, the color calculation section 370 for drawing calculates the color for drawing corresponding to each threshold. The color for drawing corresponding to each threshold is calculated using the criteria lightness corresponding to a threshold, and the information on the color beforehand set as the three square shape each polygon of a solid model. The color calculation section 370 for drawing outputs the calculated color for drawing to the pixel processing section 330.

[0059] The lightness entry section 380 chooses one threshold of the lightness range table 375, and sets it as the pixel processing section 330. Every one lightness entry section 380 is set up in an order from the top, when using a lightness range table 375 like drawing 5 as it is. When the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is

specified, selection and a setup are possible at random.

[0060] The pixel processing section 330 shared by the model drawing section 350 for profile drawing and the solid model drawing section 390 carries out processing which interpolates the color or lightness of each vertex of a triangle polygon, and searches for the color or lightness in each pixel in a triangle polygon. The algorithm or the algorithm of phong shading of gouraud shading is sufficient as the method of interpolation.

[0061] The pixel processing section 330 determines the color of each pixel in the triangle polygon made applicable [of the model for profile drawing] to drawing, carrying out hidden surface elimination processing using the hidden surface elimination processing section 337, when processing the triangle polygon made applicable [of the model for profile drawing] to drawing.

[0062] For example, in the case of drawing 4, two fields 501 and 502 near the camera 550 of the solid model 500 are drawn, and four fields 513, 514, 515, and 516 distant from the camera 550 of the model for profile drawing are drawn. Since the solid model 500 is overflowed into right and left if it sees from a camera 550, these four fields of the model 510 for profile drawing are drawn without carrying out hidden surface elimination only of the protruded portion. This protruded portion serves as a border line. In addition, the pixel processing section 330 determines a color in consideration of the color of the material of the model for profile drawing. However, the color of this material may completely be disregarded and the color (black or dark color for border lines) of a border line may be made into the color of the model for profile drawing.

[0063] On the other hand, the pixel processing section 330 calculates the lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel inside a polygon by interpolating the lightness in each vertex of the triangle polygon first outputted from the lightness calculation section 365, when processing the triangle polygon made applicable [of a solid model] to drawing.

[0064] And the lightness comparator 333 compares the lightness in each pixel with the threshold which the lightness entry section 380 set up. With [the lightness in the pixel] a threshold [more than], the pixel processing section 330 draws the pixel concerned in the color for drawing based on the criteria lightness corresponding to this threshold. In the case of this drawing processing, hidden surface elimination processing is also carried out using the hidden surface elimination processing section 337. With [the lightness in the pixel] a threshold [under], this pixel is not drawn in this stage. If the lightness entry section 380 sets all the thresholds of the lightness range table 375 as the pixel processing section 330 and the pixel processing section 330 performs drawing processing about all the pixels in a triangle polygon corresponding to it, the interior of a triangle polygon will be distinguished with the example of drawing 5 by the three-stage. This processing is carried out about all the triangle polygons of a solid model.

[0065] Although it is unclear since the color for drawing is beforehand calculated in the color calculation section 370 for drawing in the processing described in the top, in addition, the upper processing The lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel is replaced with the criteria lightness corresponding to the lightness range to which the lightness belongs (the 2nd lightness distribution in a polygon generated). It is substantially [as the processing which draws in the color for drawing (classification-by-color cloth in a polygon) generated from the color beforehand set as the polygon, and its criteria lightness] the same.

[0066] In this invention, hidden surface elimination by Z-uffer may be needed for hidden surface elimination processing. For example, the solid model has human being's form and it is because it may be difficult to draw an exact border line if a Z buffer algorithm is not used from the physical relationship of the field of the object for profile drawing, and a solid model in the case where an arm is located before a fuselage.

[0067] In addition, in the solid model drawing section 390, when using a lightness range table 375 like drawing 5 as it is, hidden surface elimination by Z-uffer is used. For example, if drawing 5 is followed, since the lightness or more of 0.75 is also 0.5 or more and 0.0 or more, it needs to set up the upper limit of the lightness range so that the color for drawing may not be applied in piles. With [the lightness of a certain pixel] 0.75 [or more], this pixel is drawn in the color for drawing corresponding to this threshold 0.75, and Z value of the pixel is memorized by Z-uffer.

[0068] Although it is compared with Z value of the same pixel which Z value of the pixel concerned is read from Z-uffer, and tends to write in when a threshold is set to 0.5, since they are the same, naturally the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 is not written in a frame buffer about the pixel. The same is said of the threshold 0.0.

[0069] Moreover, the lightness in the peak of a polygon and the pixel inside a polygon is dealt with as attribute value of the color (RGB) alpha usually used as transparency. Usually, since alpha value is defined in 0-255, what doubled lightness 255 is actually used for attribute value alpha. Therefore, the threshold (an upper limit and lower limit) of the lightness range table 375 may be a value of the range of 0-255.

[0070] Next, the processing flow about the form 1 of operation is explained. In addition, the following processings are processings by which the data-processing section 103 (drawing 1) controls other elements in the main part 101 of a computer, and is carried out.

[0071] The generation processing of the model for profile drawing performed beforehand is shown in [CD-R record processing] drawing 6 . If processing begins, the data of the solid model memorized beforehand will be read to HDD107 (Step S303), and it will be acquired as a model for conversion.

[0072] Next, it is expanded so that the size of this model for conversion may become somewhat large (Step S305). For example, the peak concerned is moved and only 2% of length of the overall length of the model for conversion concerned is expanded in the direction of a normal of each peak of the model for conversion about 2% as a whole. That is, if the height has the model for conversion concerned equivalent to 1.8m at a human-being type, only the length by which each peak is equivalent to 0.036m will be moved, for example. When this dilation ratio is larger, a border line is thicker, it is drawn, a dilation ratio is more small, and when the model for conversion is only expanded slightly, a border line is drawn more thinly. Furthermore, it is not uniform, and if a part is expanded more, only the border line of the portion expanded more will be drawn thickly. Since adjustment of this size is usually performed by the manufacturer of a solid model, the border line reflecting the intention of the manufacturer concerned can be drawn.

[0073] In addition, when the normal of each peak of a solid model is not defined, the peak concerned can also be moved in the direction of a normal of the peak concerned using the normal of the peak concerned called for by interpolating the normal of each field which shares the peak concerned. Moreover, the field concerned can also be moved in the direction of a normal of each side of a solid model. However, since a crevice is generated between fields when a field is only moved simply, the processing for burying it is needed separately. Furthermore, since the criteria position is usually defined as the solid model, each peak of the model for conversion can also be moved centering on the criteria position of the corresponding model for conversion.

[0074] Next, it is set as the color to which the color of saturation of the material of each polygon of the model for conversion was the same, and made lightness low (Step S307). In addition, it is good though the whole of each polygon is set as single colors, such as black. Moreover, it is good though a setup for mapping the texture for blur expression is carried out. Since the color of a material is adjusted by the manufacturer, a border line can be drawn by the color which the manufacturer concerned meant.

[0075] Next, the front reverse side of each polygon of the model for conversion is reversed (Step S309). The turn that the vertex of three square shapes each which constitute the model for conversion is specifically defined is replaced one place. In addition, the detail of the front reverse side judging method is mentioned later.

[0076] The data of the model for conversion changed even here are memorized to HDD107 as model data for profile drawing (Step S311), and the model generation processing for profile drawing is ended (Step S313).

[0077] Next, the various data containing the solid model data and the model data for profile drawing which were memorized by HDD107 are written in CD-R131 by CD-R drive 113. The example of the data written in CD-R131 is typically shown in drawing 7 .

[0078] In the program field 132, the program for making this invention carry out is stored in a computer 1000. However, the program which carries out this invention can be divided into processing until it writes in CD-R131, and the processing shown in drawing 8 explained in full detail behind. Therefore, though the program which performs processing which writes the various data which generate the model for profile drawing described in the top, and contain the model data for profile drawing in CD-R131 is not included, it is good here. Processing shown in drawing 8 by doing in this way can also be carried out by computer with an another computer 1000 equipped with the CD-ROM drive instead of CD-R drive 113.

[0079] The various data processed by the program stored in the program field 132 described in the top are stored in the system data field 133. The data containing the solid model data 137 and the model data 135 for profile drawing are stored in the image data field 134. However, in generating the model for profile drawing in the model acquisition processing for profile drawing mentioned later, there is no need that the model data 135 for profile drawing are stored. In addition, data, such as a texture expressing a blur, are also stored in the image data field 134.

[0080] The data for making a sound output from the sound output unit 125 by the sound processing section 109 shown in drawing 1 are stored in the sound data area 136. In addition, since sound processing does not have a direct relation to this invention, there is no need that data are stored in the sound data area 136.

[0081] In addition, though the size of the model for profile drawing stored in CD-R131 is defined by the same size as the size of a corresponding solid model, it is good. In this case, after the model for profile drawing is acquired by the model acquisition processing for profile drawing mentioned later, by the time the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing mentioned later, the model for profile drawing will be expanded. Or it is good though the matrix for arrangement concerned is determined that the matrix for arrangement concerned will include expansion conversion in case the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing. On the contrary, it is good though the matrix for arrangement of a solid model is determined that the matrix for arrangement of a solid model will

contain a contraction in case a solid model is arranged.

[0082] Moreover, the color of the material of each side of the model for profile drawing stored in CD-R131 may be the same as the color of the material of each side of a corresponding solid model. In this case, the model for profile drawing is drawn by colors defined separately, such as black, in the case of drawing processing of the model for profile drawing mentioned later.

[0083] The processing flow of the whole form 1 of operation is shown in [whole processing flow] drawing 8 . A start of processing performs initial setting (Step S2). Data acquisition processing (drawing 9) of the model for profile drawing explained in full detail behind and the data acquisition processing of a solid model which should draw are included in processing of this initial setting. And the state in a virtual space is set up (Step S3). This processing is processing which changes the state in a virtual space according to it, when the position of a view is changed, the position of the light source is changed, a model makes it move or a model is transformed. By this processing being performed, determination processing of the position coordinate, the direction, the dilation ratio, reduction percentage, etc. of a solid model and the model for profile drawing is performed. Determination processing of the matrix for arrangement of a solid model and the model for profile drawing (it is used by drawing 11) is more specifically performed. Moreover, according to the key stroke of an input unit 161 (drawing 1) etc., a setup of being border-line drawing of Step S4 is performed at this step S3.

[0084] Next, judgment processing of whether to draw a border line is performed (Step S4). This is judged based on a setup by the key stroke of an input unit 161 etc., or a setup by other programs, as stated in the top. And when it is judged that a border line is drawn, drawing processing of the model for border-line drawing is carried out (Step S5). About this, drawing 11 is used and explained later. And when a border line is drawn and it is not drawn, drawing processing of a solid model is carried out (Step S6). Drawing 15 is later used and explained also about this processing. These Step S3 or S6 is repeatedly carried out till a processing end (Step S7). It is judged by whether the operation input of the purport which should end processing was performed whether it is a processing end.

[0085] Acquisition processing of the model for profile drawing is shown in [model acquisition processing for profile drawing] drawing 9 . Here, it is judged first whether the model for profile drawing is generated (Step S203). It is because the case where the model for profile drawing is prepared beforehand, and the model for profile drawing may be generated in this stage. This judgment is carried out here by judging whether the model for profile drawing for example, corresponding to the solid model is stored in CD-R131. If it will be judged that the model for profile drawing is not generated if it is judged that it is stored, and it is judged that it is not stored, it will be judged that the model for profile drawing is generated.

[0086] When it is judged that the model for profile drawing is not generated, the data of the model for profile drawing stored in CD-R131 are read (Step S207). As each field of this model for profile drawing was explained in the top using drawing 4 and drawing 6 , the front reverse side is reversed with the field where a solid model corresponds. Moreover, the size of the model for profile drawing read is defined somewhat more greatly than a corresponding solid model. Furthermore, the color of the model for profile drawing is defined by the color darker than a corresponding solid model.

[0087] When it is judged that the model for profile drawing is generated, processing which generates the model for profile drawing is performed (Step S205). Like Step S207, when the model for profile drawing is generated in this stage, each polygon of the model for profile drawing makes what carried out front reverse side reversal the polygon to which a solid model corresponds, as explained in the top using drawing 4 .

[0088] The size of the model for profile drawing is generated somewhat more greatly than a corresponding solid model. The model for profile drawing which was made to move in the direction of a normal of each peak of a solid model at the peak concerned, and was expanded like Step S305 (drawing 6) is generated. As compared with a solid model, when larger, a border line is thicker, the model for profile drawing is drawn, and when the model for profile drawing is only slightly larger than a solid model, a border line is drawn more thinly.

[0089] Moreover, it is good though the model for profile drawing which was made to move in the direction of a normal of each side of a solid model in the field concerned, and was expanded is generated as described by explanation of Step S305 (drawing 6). Furthermore, it is good though the model for profile drawing which was made to move at each peak of the solid model, and was expanded is generated centering on the criteria position usually defined as the solid model.

[0090] In addition, at this time, though the size of the model for profile drawing is generated by the same size as the size of a corresponding solid model, it is good. In this case, after the model for profile drawing is acquired by the model acquisition processing for this profile drawing, by the time the arrangement matrix of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing mentioned later, the model for profile drawing will be expanded. Or it is good though the matrix for arrangement concerned is determined that the matrix for

arrangement concerned will include expansion conversion in case the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing. On the contrary, it is good though the matrix for arrangement of a solid model is determined that the matrix for arrangement of a solid model will contain a contraction in case a solid model is arranged.

[0091] On the other hand, the color of the material of each polygon of the model for profile drawing is generated by the color which made darker the color of the material of each polygon of a corresponding solid model. In addition, as described by explanation of Step S307 (drawing 6), the color of the model for profile drawing generated does not need to be defined at this time. Or the color of the material of each polygon of the model for profile drawing may be the same as the color of the material of each polygon of a corresponding solid model. In this case, the model for profile drawing is drawn by the color which the color of the model for profile drawing was not taken into consideration on the occasion of drawing processing of the model for profile drawing, for example, was defined [black] separately, and the color of the texture expressing a blur.

[0092] Next, it is judged whether the texture which expresses a blur to the model for profile drawing is mapped (Step S209). When the model for profile drawing is generated at Step S205, the judgment concerned is carried out based on the data of a corresponding solid model. On the other hand, when the model for profile drawing is read at Step S207, the judgment concerned is carried out based on the data of the read model for profile drawing. When it is judged that the texture expressing a blur is mapped, the texture which expresses a blur to the model for profile drawing at Step S211 is mapped. That is, a texture coordinate (U, V) is set as each peak of a polygon.

[0093] In addition, as stated also in the top, the texture expressing a blur has a pattern including change of lightness or transparency. An example of a texture including change of lightness is shown in drawing 10 . This is a texture which has the pattern into which the white slash went finely on a black material. Since the lightness of a black portion is low and the lightness of a white portion is high, the texture shown in drawing 10 includes change of lightness.

[0094] In this invention, some models for profile drawing are cut down as a line, and a border line is drawn. That is, when the model for profile drawing with which the texture of drawing 10 was mapped is drawn as a border line, the line corresponding to the line started as a border line from the model for profile drawing is started and drawn from the texture concerned. If a line is started by abbreviation lengthwise or the abbreviation longitudinal direction from the texture concerned at this time, any line will include change of lightness. A border line including change of lightness is drawn by such a line being drawn as a border line. That is, the blur of a border line is expressed and the border line of a handwriting tone is drawn more.

[0095] If it is the texture shown in drawing 10 , even if a line is started in which direction, the line includes change of lightness. However, depending on the direction started, lightness may hardly change. Since it can be adjusted which portion of the model for profile drawing is drawn as a border line in which direction, the pattern is adjusted according to the direction where the texture expressing a blur is mainly started.

[0096] In addition, when a border line is drawn with the model for profile drawing with which the texture which has a pattern including change of transparency was mapped, the border line concerned includes change of transparency. The color near the color of a background is drawn by the highly transparent portion according to the rate, and the color near the color of the textures concerned, such as black, is drawn by the low portion. The border line which includes change of a shade by this is drawn, and the blur of a border line is expressed.

[0097] When it was judged that the texture expressing a blur was not mapped, and when the processing by which a texture is mapped is completed, the data-processing section 103 ends the model acquisition processing for profile drawing (Step S213).

[0098] In Step S3 of [model arrangement processing for profile drawing] drawing 8 , the arrangement matrix of the model for profile drawing is set up, and arrangement processing of the model for profile drawing is performed.

Usually, the criteria position of the model for profile drawing is established in the position corresponding to the criteria position of a solid model. And the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up so that the criteria position of the model for profile drawing may be arranged in the same as that of the criteria position of a solid model, or near.

[0099] When the direction of a solid model changes here, the matrix for arrangement which contains rotational transform so that the model for profile drawing may also correspond to it is set up. When the configuration of a solid model changes, deformation processing is performed so that the model for profile drawing may correspond to it.

[0100] When it is the same size as the solid model with which the model for profile drawing corresponds in this stage, the model for profile drawing is expanded. Specifically, the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up so that expansion conversion of each peak of the model for profile drawing may be carried out according to a predetermined dilation ratio a center [the criteria position of the model for profile drawing]. Or conversely, though a solid model is reduced, it is good. That is, the matrix for arrangement of a solid model is set up so that the contraction

of each peak of a solid model may be carried out in this case according to predetermined reduction percentage a center [the criteria position of a solid model]. In addition, when relatively larger than the solid model with which the model for profile drawing corresponds, it is also possible to use the matrix for arrangement of a solid model as it is as a matrix for arrangement of the model for profile drawing.

[0101] If it does in this way, it will be arranged so that the large model for profile drawing may finally include a solid model relatively. By relations, such as an arrangement position of both models, a direction, and a configuration, completely, the model for profile drawing may be produced, when it does not include a solid model. However, even if it is such a case, a border line is drawn about the included portion.

[0102] In addition, in this stage, there is no need that the matrix for arrangement is not necessarily set up, and each element required for peak conversion of the coordinate arranged, a direction, the rate of enlarging or contracting, etc. has just decided it. Also in this case, actual peak conversion is performed in the stage of drawing processing of each model.

[0103] In drawing 11 which shows the drawing processing flow of the model for [model drawing processing for profile drawing] profile drawing, processing explained below is repeatedly performed until it processes all the peaks of the model for profile drawing (Step S503). The first processing performed repeatedly is peak conversion (enlarging-or-contracting, rotation, parallel displacement, and transparent transformation) processing about the one peak (Step S505). Here, the matrix for arrangement of the model for profile drawing called for at Step S3 is also used by peak conversion.

[0104] For example, the geometric operation part 207 ordered by the data-processing section 103 carries out this processing. Wanting to be careful here is the point that the geometric operation part 207 does not carry out light source calculation to the model for profile drawing. It is because it is useless for a border line not to call at the position of the light source etc., but to be drawn, and to carry out light source calculation as for this. For example, the color of the material of the model for profile drawing may be disregarded. Usually, although this peak conversion is performed based on the state where it was specified in virtual three-dimensions space, when the size of the model for profile drawing is the same as a solid model, according to the matrix for arrangement set up by arrangement processing, expansion conversion of the model for profile drawing may be carried out in this stage.

[0105] And as for a polygon including the peak concerned, judgment processing of being a right face is performed (Step S507). This judgment is judged by whether the triangle polygon which consists of this vertex and two vertices processed in front of it in the case of a triangle polygon has turned to which direction. The example of the triangle polygon which constitutes the solid model for explaining the method of a front reverse side judging is shown in drawing 12 . For the peak number of the peak of the upper part in drawing, in this example, the peak number of the peak 0 and on the left-hand side of lower is [the peak number of the peak 1 and on the right-hand side of lower] 2. That is, the peak number is given to the counterclockwise rotation from the upside peak.

[0106] With the form 1 of operation, the field which seems to give the vertex number of each vertex of a triangle polygon counterclockwise is defined as the right face (the so-called right-handed system). Therefore, the direction of space this side of the triangle polygon of drawing 12 is a right face. Supposing there is a normal vector in the direction of a right face, the front reverse side of a triangle polygon can be judged with the sign of the inner product of the normal vector and look vector. That is, if the sign of an inner product is negative, the right face will be turned to the view position, and if the sign of an inner product is positive, the reverse side side will be turned to the view position.

[0107] the outer product of the vector a from the peak 0 to the peak 1 projected on the screen as shown in drawing 13 in fact, and the vector b from the peak 0 to the peak 2 projected on the screen -- $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ is calculated and it is judged in the direction of the vector n which it is as a result of this outer product whether it is a right face Vector n is parallel to the z-axis, and if the sign of z component of Vector n is inspected, it will be judged whether it is a right face. Namely, it is the reverse side if it is negative in a right oak bow. Since the vector n whose drawing 13 left-hand side the number of a triangular vertex is a counterclockwise rotation and is as a result of an outer product has turned to the positive direction of the z-axis, it is a bow. On the other hand, the vector n whose drawing 13 right-hand side the number of a triangular vertex is a clockwise rotation and is as a result of an outer product has turned to the negative direction of the z-axis, and is the reverse side.

[0108] As for the polygon of the model for profile drawing, in the case of the model for profile drawing in the form 1 of operation, with the polygon to which a solid model corresponds, the front reverse side is reverse. It corresponds to drawing 14 at the polygon of drawing 12 , and the polygon by which the front reverse side was reversed is shown. The vertex number of 0, 1, and 2 is given to each vertex of a triangle polygon shown in drawing 14 in order of the upper part in drawing, the lower right, and the lower left. That is, the vertex number is given to the corresponding triangle polygon in turn contrary to drawing 12 . Therefore, in drawing 14 , space this side is judged to be a reverse side side. In addition, although a front reverse side judging is performed in this stage with the form 1 of operation, a front reverse

side judging is able to be made to be performed before this stage.

[0109] When a polygon including the peak concerned is a reverse side side, it returns to Step S503. When a polygon including the peak concerned is a right face, it is judged whether the texture expressing a blur is mapped (Step S509).

[0110] This means the texture mapping to a polygon. When it maps the texture expressing a blur, the texture coordinate of the texture for expressing a blur to the peak is calculated (Step S511). Although the texture coordinate (U, V) is already specified to be the peak of a polygon when performing texture mapping, when the polygon concerned is aslant arranged to the screen, on a screen, a texture is distorted and may be displayed. In order to avoid this distortion, as texture perspective processing, $Q=1/w$ (w is the depth from a screen) is used, and calculation of $S=U \times Q$ and $T=V \times Q$ is performed here. In not mapping the texture expressing a blur, it shifts to Step S513.

[0111] And the triangle drawing processing section 205 and the pixel color processing section 209 which were shown, for example in drawing 2 drive (Step S513). As stated in the top, the triangle drawing processing section 205 interpolates the data of each vertex of a triangle polygon, and generates the data in each pixel inside a triangle polygon. The data of each peak will be a texture coordinate value, if the color of a material, a screen coordinate value, and Step S511 are carried out. The data in each pixel will be a TEKUSERU color if the color and Step S511 of a material are carried out.

[0112] However, it is also possible for the color of a material to be disregarded at this time and to set the color of a border line as each peak. Moreover, it is also possible to set up the color of a border line in consideration of the color of a material. The pixel color processing section 209 uses the data in each pixel inside the triangle polygon which the triangle drawing processing section 205 generates, and writes a display image in a frame buffer 213. Under the present circumstances, hidden surface elimination is performed using Z-uffer 211.

[0113] Although the example which uses Z-uffer 211 is shown in hidden surface elimination, Z-uffer may not be used about an easy model as shown in drawing 4, for example, hidden surface elimination processing like the Z sorting method may be carried out. However, if hidden surface elimination which used Z-uffer is not performed when the hand of a more complicated model, for example, a person, etc. is arranged before the fuselage, it is difficult to draw a border line correctly.

[0114] The flow of drawing processing of the solid model in the form 1 of the operation to [solid model drawing processing] drawing 15 is shown. First, initial setting is performed (Step S603). In this initial setting, the lightness range table (for example, drawing 5 or drawing 18) corresponding to a solid model is acquired. Next, peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about the one peak and light source calculation are performed (Step S605). Here, the matrix for arrangement of a solid model is also used by peak conversion. The geometric operation part 207 performs this by the instruction from the data-processing section 103. The data of a solid model are stored in CD-R131.

[0115] Enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation are based on the state in the virtual space fundamentally set up in Step S3 of drawing 8. However, when the model for profile drawing is the same size as a solid model, the model for profile drawing may be relatively enlarged by reducing the size of a solid model. In this case, a contraction is carried out in Step S605. In addition, it is easily reducible if each peak is moved in accordance with the normal toward the center of a solid model. Transparent transformation changes the coordinate value of each peak of the polygon of a world-coordinate system into the coordinate value in a screen coordinate system here. Moreover, light source calculation calculates shading (brightness) produced with the imagination beam of light emitted from the light source.

[0116] In addition, there is two technique in light source calculation in solid model drawing processing of this invention. (A) It is the technique of not taking into consideration the color of the technique and the (B) material in consideration of the color of the material defined as the polygon. In (A), it calculates by the following formulas.

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LightMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{IColorMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{nr} & 0 & 0 \\ 0 & P_{ng} & 0 \\ 0 & 0 & P_{nb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0117] However, n of $Pn0$, $Pn1$, $Pn2$, Nnx , Nny , Nnz , Pnr , Png , Pnb , Cnr , Cng , and Cnb shows the n -th peak. x components of a normal [in / the n -th peak / in Nnx], y component of a normal / in / the n -th peak / in Nny], and Nnz are z components of the normal in the n -th peak. $LightMatrix$ is a matrix made by the normalization light source vector. This shows below the case where the parallel light source can be defined to three. Moreover, $LColorMatrix$ has as a component the color of the beam of light emitted from the light source, and shows below the case where the light source can be defined to three. M means the color of the material of a polygon and rgb shows the component. The outputs in (A) are Cnr , Cng , and Cnb .

[Equation 2]

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} L_{0x} & L_{0y} & L_{0z} \\ L_{1x} & L_{1y} & L_{1z} \\ L_{2x} & L_{2y} & L_{2z} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} LC_{0r} & LC_{0g} & LC_{0b} \\ LC_{1r} & LC_{1g} & LC_{1b} \\ LC_{2r} & LC_{2g} & LC_{2b} \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0118] However, $L0x$, $L0y$, and $L0z$ are the components of the normalization light source vector 0, $L1x$, $L1y$, and $L1z$ are the components of the normalization light source vector 1, and $L2x$, $L2y$, and $L2z$ are the components of the normalization light source vector 2. Moreover, $LC0r$, $LC0g$, and $LC0b$ of the color of the beam of light of the light source vector 0 are components, $LC1r$, $LC1g$, and $LC1b$ of the color of the beam of light of the light source vector 1 are components, and $LC2r$, $LC2g$, and $LC2b$ of the color of the beam of light of the beam-of-light vector 2 are components. In addition, each component of a color takes the value between 0.0 and 1.0. For example, it becomes the following matrices, in accepting it light source 0, existing and using the white light at the angle of 45 degrees to a XYZ shaft.

[Equation 3]

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} 0.5773 & 0.5773 & 0.5773 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (5)$$

[0119] Moreover, in (B), it calculates by the following formulas.

[Equation 4]

$$\begin{pmatrix} Pn0 \\ Pn1 \\ Pn2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LightMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Nnx \\ Nny \\ Nnz \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Pnr \\ Png \\ Pnb \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LColorMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Pn0 \\ Pn1 \\ Pn2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

[0120] Naturally the results of two formulas differ and are right. [of the calculation result of (A)] However, (B) is compared with (A), and since there is little computational complexity, it can accelerate processing. In addition, the quality of a picture does not usually change.

[0121] Next, as for a polygon including the peak concerned, it is judged whether it is a right face (Step S607). This judgment is carried out by whether the triangle polygon which consists of this vertex and two vertices processed in front of it in the case of a triangle polygon has turned to which direction. This judgment can use the method explained by drawing processing of the model for profile drawing. In addition, although a front reverse side judging is performed in this stage with the form 1 of operation, a front reverse side judging is able to be made to be performed before this stage.

[0122] When a polygon including the peak concerned is a reverse side side, it returns to Step S605. When a polygon including the peak concerned is a right face, the lightness in peak conversion and the light source peak at is calculated (Step S609). YIQ conversion is performed in calculation of lightness. When it asks for the color in the peak by the technique of of (A) described in the top, it is calculated by the following formulas.

[Equation 5]

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} \quad (7)$$

[0123] When it asks for the color in the peak by the technique of of (B) described in the top, it is calculated by the following formulas.

[Equation 6]

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_{nr} \\ P'_{ng} \\ P'_{nb} \end{pmatrix} \quad (8)$$

[0124] In addition, the matrix containing the numeric value is the 1st line of 3x3 matrices for the conversion to YIQ from RGB. 3x3 matrices (transformation matrix) are shown below by way of precaution.

[Equation 7]

$$\begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & 0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \quad (9)$$

[0125] The data structure of the solid model before transparent transformation is shown in drawing 16. Drawing 16 (a) is the data structure of a solid model, and a triangle polygon has it by N all. A three square shape each polygon has the color (YIQ) and three vertex data indexes (IDX) of a material, as shown in drawing 16 (b). Although it has the color of a material by the YIQ system here, you may have by the RGB system. If the peak data IDX are used, the information about the peak can be acquired from the peak data table shown in drawing 16 (c).

[0126] The normal vector (Nnx, Nny, Nnz) is remembered to be the three-dimensions coordinate (Pnx, Pny, Pnz) of the peak concerned for every peak data IDX by the peak data table (n is a peak number). If transparent transformation is performed, the data structure of a triangle polygon will change. The thing corresponding to drawing 16 (b) is shown in drawing 17. The coordinate value (x y, z) in a screen coordinate system, the color (r, g, b) in the peak concerned, and alpha value will be memorized for every peak. The lightness calculated at Step S609 to the field to which this alpha value is memorized is memorized. Moreover, although explained in detail below, when the triangle drawing processing section 205 processes, the color for drawing corresponding to the lightness range is stored in a color (r, g, b) for three vertices. In addition, although the range of lightness is 0.0 to 1.0, since alpha value is the integer of 0 to 255, what doubled lightness 255 as an alpha value is used.

[0127] It returns to drawing 15 and a processing flow is explained. The color for drawing of a polygon including the peak by which peak conversion and light source calculation were carried out after Step S609 is calculated (Step S611). The color for drawing of a polygon is calculated from the criteria lightness corresponding to each lightness range stored in the lightness range table, and the color of the polygon concerned. For example, when the color of a polygon is held as a color of a YIQ system, only IQ is used among YIQ(s) and it is calculated by the following formulas using each criteria lightness Tn.

[Equation 8]

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.272 & -0.647 \\ 1.000 & -1.105 & 1.702 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_n \\ I \\ Q \end{pmatrix} \quad (10)$$

[0128] If there is three criteria lightness Tn (T1, T2, T3), three colors for drawing can be found. In addition, when the color of a polygon is not held as a color of a YIQ system (i.e., when holding as a color of a RGB system), calculation changed into YIQ from RGB by the transformation matrix shown in the top is performed. Moreover, although calculation results differ, the following calculation is performed when the color for drawing needs to be calculated at high speed.

[Equation 9]

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = T_n \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (11)$$

[0129] M is a meaning called the color of the material of a polygon. Although calculation results differ and some quality of image also differs by two upper formulas, a picture with the second almost same direction can be acquired at high speed.

[0130] Next, the one lightness range of a lightness range table is chosen (Step S613). In addition, although the lightness range table shown in drawing 5 is used with the form of this operation, a lightness range table like drawing 18 can also be used. Drawing 18 shows the example of the table on which the lightness range was specified by the upper limit and the minimum. That is, criteria lightness 0.25 is set up to the criteria lightness 0.50, and the upper limit 0.49 and minimum 0.00 of the lightness range to the criteria lightness 0.75, and the upper limit 0.74 and minimum 0.50 of the lightness range to the upper limit 1.00 and minimum 0.75 of the lightness range. When using such a lightness range table, the lightness range containing an upper limit and a minimum can be chosen at random, and can be set up. However, drawing 18 shows the case of the effective computer to the 2nd place of a small number. The lightness range is chosen as the upper shell turn of drawing 18 when comparison with two lightness values of the lightness of each pixel, an upper limit, and a minimum cannot carry out easily in lightness comparison processing in which it explains below. And it is processed only by the lower limit in this case.

[0131] Then, the lightness in the peak of this polygon is interpolated and the lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel inside the polygon concerned is calculated. Although the color of the peak is also interpolated, the result is the same, even if it interpolates the three peaks, since it is the same color for drawing. And if the lightness in the pixel concerned is selected lightness within the limits, the pixel concerned will be drawn in the color for drawing corresponding to the selected lightness range concerned (Step S615). The triangle drawing processing section 205 in drawing 2 carries out interpolation processing of lightness. The pixel color processing section 209 carries out comparison processing of whether the lightness in each pixel is selected lightness within the limits. These steps S613 and S615 are repeated until it processes all lightness ranges (Step S617).

[0132] For example, when the pixel color processing section 209 cannot deal with two lightness values, an upper limit and a minimum, the same effect can be acquired by using Z-uffer 211 together. Although Z-uffer 211 is used for hidden surface elimination, with the form of this operation, the same effect as the case where combined use of Z-uffer 211 compares with the upper limit of lightness is done so.

[0133] For example, when there is a lightness range table like drawing 5, a threshold 0.75 is chosen first. And the triangle drawing processing section 205 interpolates the lightness and the coordinate (Z value is included) of each vertex of a polygon by the instruction from the data-processing section 203, and the lightness and the coordinate (Z value is included) of each pixel are calculated, and it goes. In addition, if the three peaks set the color as the color for drawing corresponding to a threshold 0.75, even if it interpolates, the color of each pixel will turn into a color for drawing.

[0134] Z value and Z value of the pixel stored in Z-uffer 211 of the pixel which the pixel color processing section 209 compared the lightness and the threshold 0.75 of a pixel by the instruction from the data-processing section 203, and was called for by interpolation are compared. If Z value of the pixel which the lightness of a pixel is 0.75 or more thresholds, and was called for by interpolation is smaller than Z value of the pixel stored in Z-uffer 211, the pixel color processing section 209 will write the color for drawing corresponding to a threshold 0.75 in a frame buffer 213 as a color of the pixel.

[0135] drawing of this polygon comes out for the first time, and with [lightness] 0.75 [or more], the color for drawing is written in Two examples, the triangle polygon 1011 and the triangle polygon 1012, are shown in drawing 19 (a). Each lightness of the vertices P11, P12, and P13 of the triangle polygon 1011 is set as 0.0, and 1.0 and 1.0. moreover, each lightness of the vertices P21, P22, and P23 of the triangle polygon 1012 -- 0.0 and 0. -- it is set as 5 and 1.0 If processing described in the top is carried out, it will be painted into the portion to which it is applied in the three square shape each polygon in the color for drawing.

[0136] Next, a threshold 0.5 is chosen. And the triangle drawing processing section 205 calculates the lightness and the coordinate (Z value is included) of each pixel inside a polygon by the instruction from the data-processing section 203. Z value and Z value of the pixel stored in Z-uffer 211 of the pixel which the pixel color processing section 209 compared the lightness and the threshold 0.5 of a pixel by the instruction from the data-processing section 203, and was called for by calculation are compared. If Z value of the pixel which the lightness of a pixel is 0.5 or more thresholds, and was called for by calculation is smaller than Z value of the pixel stored in Z-uffer 211, the pixel color processing section 209 will write the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 in a frame buffer 213 as a color of the pixel.

[0137] If Z-uffer 211 is not used, it will be painted to the field of lightness 1.0-0.5 in the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 like drawing 19 (b). About a 0.75 or more lightness field, since Z value calculated by

calculation is the same as Z value stored in Z-buffer 211, the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 is not written [field / 0.75 or more lightness] in a frame buffer 213. That is, as shown in drawing 19 (c), it is painted in a different color for drawing by the field of lightness 0.5-0.74, and the 0.75 or more lightness field.

[0138] The example of drawing 5 shows the result which processed the threshold 0.0 similarly to drawing 20. Each lightness of the vertices P11, P12, and P13 of the triangle polygon 1011 in drawing 20 is set as 0.0, and 1.0 and 1.0. moreover, each lightness of the vertices P21, P22, and P23 of the triangle polygon 1011 -- 0.0 and 0. -- it is set as 5 and 1.0 The number, 0.5 and 0.75, surrounded by the dotted line shows the threshold of lightness. [i.e.,] In this way, a three square shape each polygon will be divided into three fields, and it will be painted in the color for drawing.

[0139] The result of gouraud shading is shown in drawing 21. Each lightness of the vertices P31, P32, and P33 of the triangle polygon 1021 in drawing 21 is set as 0.0, and 1.0 and 1.0. moreover, each lightness of the vertices P41, P42, and P43 of the triangle polygon 1022 -- 0.0 and 0. -- it is set as 5 and 1.0 That is, the lightness of each vertex is the same as the triangle polygons 1011 and 1012 shown in drawing 20 respectively. However, only as for the boundary of the classified field, at gouraud shading, lightness changes by drawing 20 to lightness changing with interpolation smoothly. That is, it turns out that three fields whose lightness is flats exist and it has become a cell animation tone.

[0140] In addition, the value of the smallest lower limit of a lightness range table may not be 0.0. In order to lose the portion to which no colors are given within the polygon, in the repeat of the drawing 15 step S617, a lower limit is set to 0.0 by the last repeat, and Step S615 is carried out.

[0141] Above, it is repeated until it processes all the peaks of a solid model, and even Step S605 or S617 is repeated until it processes all polygons as a result (Step S619).

[0142] It is better for the lightness range table described in the top to create the optimal thing for every solid model. However, a solid model is divided into some categories and you may make it prepare a lightness range table for every category of the. The lightness range of numbers contained in a lightness range table can consider making it 2 or 3 according to actual cell animation. However, since the number of times of a repeat in Step S617 of drawing 15 only increases in processing which was described above, it is also easily possible to make it which [two or more] number. However, since the number of times of a repeat increases, if a number increases, processing will become slow and will go.

[0143] If the above processings are carried out, all the polygons of a solid model can be distinguished with the lightness of a predetermined stage, and can acquire the picture of a cell animation tone about a solid model. Moreover, since the portion to which the model for profile drawing introduced with the form 1 of operation does not hide in a solid model among the fields behind a solid model is drawn, the rendering of the portion is carried out as a border line. With the form 1 of operation, a border line can be easily drawn by usually performing rendering processing and almost same processing only by introducing the model for profile drawing for drawing of a border line.

[0144] 2. Unlike the form 1 of operation, the form 2 of form 2 implementation of operation calculates it beforehand rather than calculates the color for drawing to a solid model on real time, and stores it as data. If it does in this way, processing speed will become quick from the form 1 of operation. In addition, although what was necessary was just to have had data of 1 classification by color per polygon with the form 1 of operation since it had calculated from the criteria lightness of the color of the material of a polygon, and a lightness range table, it is necessary to hold the color data for line count of a lightness range table per polygon with the form 2 of operation. About processing of the model for profile drawing, it is the same as the form 1 of operation.

[0145] The outline of the form 2 of operation of this invention is explained using the functional block diagram of drawing 22. The model drawing section 450 for profile drawing and the solid model drawing section 490 are contained in the rendering equipment illustrated as a form 2 of operation. The model acquisition section 300 for profile drawing, the matrix setting section 305 for model arrangement for profile drawing, the model processing section 310 for profile drawing, the blur expression texture mapping section 315, and the pixel processing section 430 shared with the solid model drawing section 490 are contained in this model drawing section 450 for profile drawing. Each of these functions are delivering data in the turn described in the top. In addition, the model acquisition section 300 for profile drawing, the matrix setting section 305 for model arrangement for profile drawing, the model processing section 310 for profile drawing, and the blur expression texture mapping section 315 are the same as the form 1 of operation.

[0146] Moreover, peak conversion and the light source calculation section 460, the lightness calculation section 465, the lightness range table 475, the color storing section 470 for drawing, the lightness entry section 480, and the pixel processing section 430 shared with the model drawing section 450 for profile drawing are contained in the solid model drawing section 490. The output of peak conversion and the light source calculation section 460 is inputted into the lightness calculation section 465. The output of the lightness calculation section 465 is inputted into the pixel processing section 430. The lightness range table 475 is referred to at the lightness entry section 480. The output of the color storing section 470 for drawing and the lightness entry section 480 is inputted into the pixel processing section

430. The lightness comparator 433 used by solid model drawing processing and the hidden surface elimination processing section 437 used by both the model drawing processing for profile drawing and solid model drawing processing are contained in the pixel processing section 430 which the model drawing section 450 for profile drawing and the solid model drawing section 490 share.

[0147] The model acquisition section 300 for profile drawing is the same as the gestalt 1 of operation, for example, the model for profile drawing corresponding to the solid model which consisted of triangle polygons is generated. In addition, when the model for profile drawing is generated beforehand, the model acquisition section 300 for profile drawing reads the model for profile drawing which consisted of triangle polygons concerned currently generated beforehand. In addition, with the field where a solid model corresponds, as for each field of the model for profile drawing acquired, the front reverse side is reverse. Moreover, the model for profile drawing is larger than a solid model, and is defined by the predetermined color scheme for border lines.

[0148] In addition, although the model for profile drawing must finally be relatively larger than a corresponding solid model, the size of the model for profile drawing in this stage may be the same as a solid model. In this case, it is processed so that the model for profile drawing may be relatively drawn greatly from a solid model, by the time the model for profile drawing and a solid model are drawn. Moreover, the color of the model for profile drawing may succeed the color of the material of a corresponding solid model as it is. In this case, the color for drawing is specified independently.

[0149] The criteria position of this model for profile drawing is the same as the criteria position of the solid model which usually corresponds, or is defined as being located in the near.

[0150] And the same matrix setting section 305 for model arrangement for profile drawing as the gestalt 1 of operation sets up the matrix for arrangement for arranging the model criteria position 530 for profile drawing in a virtual space in the same position as the solid model criteria position 520. That is, as shown in drawing 4, the model 510 for profile drawing is arranged in the position which includes the solid model 500 by setting up so that the conversion the parallel displacement of the model criteria position 530 for profile drawing is carried out [conversion] for the matrix for arrangement of the model 510 for profile drawing to the coordinate of the solid model criteria position 520 may be included.

[0151] The model processing section 310 for profile drawing is the same as the gestalt 1 of operation, and lessons is taken for it from each peak of the model for profile drawing, and it carries out peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation), and carries out the front reverse side judging of each polygon of the model for profile drawing. The matrix for arrangement described in the top is also used for this peak conversion. In addition, light source calculation is not carried out here. For example, when it not only carries out transparent transformation, but the model for profile drawing of the same size as a solid model is acquired in enlarging or contracting, rotation and a parallel displacement, and the model acquisition section 300 for profile drawing according to the state where it was specified in the virtual space which is virtual three-dimensions space, the model processing section 310 for profile drawing carries out peak conversion for expanding the size of the model for border-line drawing. When it expands here, the relation between a solid model and the model for profile drawing becomes like drawing 4.

[0152] Moreover, the front reverse side judging of a polygon is performed in order to remove the polygon whose same direction as the direction of the look 540 from a camera 550 is the direction of a right face from the object of drawing.

[0153] The blur expression texture mapping section 315 is the same as the form 1 of operation, and processing for becoming blurred to the model for profile drawing, and mapping the texture for expression is carried out so that it may become the line by which the border line drawn as a result is blurred. This texture for blur expression is a texture which has a pattern including change of lightness or transparency. In addition, since there is no need that the border line is not necessarily blurred, processing of the blur expression texture mapping section 315 is carried out alternatively.

[0154] Vertex conversion of the solid model drawing section 490 and the light source calculation section 460 carry out vertex conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about each vertex of the triangle polygon which constitutes the field of the solid model arranged in virtual three-dimensions space (calculating the field where a triangle polygon is drawn), and perform light source calculation about each vertex of the triangle polygon by which vertex conversion was carried out. Moreover, vertex conversion of the solid model drawing section 490 and the light source calculation section 460 also perform the front reverse side judging of the three square shape each polygon of a solid model.

[0155] Also in peak conversion of the solid model drawing section 490, and the light source calculation section 460 It doubles with the state where it was specified in virtual three-dimensions space. enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation it not only carries out, but When the model for profile drawing after being processed in the model processing section 310 for profile drawing is the same size as a solid model, peak

conversion for reducing the size of a solid model so that a solid model may become small relatively to the model for profile drawing is carried out.

[0156] When peak conversion and the light source calculation section 460 perform solid model-reduction processing, the relation between the solid model 500 and the model 510 for profile drawing becomes like drawing 4. Moreover, the front reverse side judging of a field is the same as the model processing section 310 for profile drawing, and the field whose same direction as the direction of a visual axis of a camera is the direction of a right face among the fields of a solid model is excepted from the candidate for drawing.

[0157] The lightness calculation section 465 calculates lightness from the color in each vertex of the triangle polygon which vertex conversion and the light source calculation section 460 calculated. Usually, since peak conversion and the light source calculation section 460 calculate the color in a RGB system, the lightness calculation section 465 carries out YIQ conversion of this RGB, and searches for Lightness Y. The lightness in each vertex of this triangle polygon is outputted to the pixel processing section 430.

[0158] The lightness range table 475 is the same for example, table like drawing 5 as an example 1. In addition, lightness shall take the real numeric values from 0 to 1 here. Specification of the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is sufficient (for example, refer to drawing 18).

[0159] The color storing section 470 for drawing needs to keep three color data for drawing per each polygon, when using a lightness range table like drawing 5. The color for drawing corresponding to the 1st lightness range about [as shown in drawing 23] each polygon (r, g, b), The color for drawing corresponding to the 2nd lightness range (r, g, b), and the color for drawing corresponding to the 3rd lightness range (r, g, b), The peak data IDX of the peak 1 and the peak data IDX of the peak 2 as well as the peak data IDX of the peak 0 which constitutes the polygon concerned are kept instead of drawing 16 (b) described previously. These data are prepared only for the number of the polygons of a solid model.

[0160] The pixel processing section 430 takes out the color for drawing corresponding to the lightness range set up by the lightness entry section 480 from the color storing section 470 for drawing. The color storing section 470 for drawing is CD-R131, and is stored as an element of the solid model data 137.

[0161] The lightness entry section 480 chooses one threshold of the lightness range table 475, and sets it as the pixel processing section 430. Every one lightness entry section 480 is set up in an order from the top, when using a lightness range table 475 like drawing 5 as it is. When the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is specified, selection and a setup are possible at random.

[0162] The pixel processing section 430 shared by the model drawing section 450 for profile drawing and the solid model drawing section 490 carries out processing which interpolates the color or lightness of each vertex of a triangle polygon, and searches for the color or lightness in each pixel in a triangle polygon. The algorithm or the algorithm of phong shading of gouraud shading is sufficient as the method of interpolation.

[0163] The pixel processing section 430 determines the color of each pixel in the triangle polygon made applicable [of the model for profile drawing] to drawing, carrying out hidden surface elimination processing using the hidden surface elimination processing section 437, when processing the triangle polygon made applicable [of the model for profile drawing] to drawing.

[0164] For example, in the case of drawing 4, two fields 501 and 502 near the camera 550 of the solid model 500 are drawn, and four fields 513, 514, 515, and 516 distant from the camera 550 of the model for profile drawing are drawn. Since the solid model 500 is overflowed into right and left if it sees from a camera 550, these four fields of the model 510 for profile drawing are drawn without carrying out hidden surface elimination only of the protruded portion. This protruded portion serves as a border line. In addition, the pixel processing section 430 determines a color in consideration of the color of the material of the model for profile drawing. However, the color of this material may completely be disregarded and the color (black or dark color for border lines) of a border line may be made into the color of the model for profile drawing.

[0165] On the other hand, the pixel processing section 430 calculates the lightness in each pixel inside a polygon by interpolating the lightness in each vertex of the triangle polygon first outputted from the lightness calculation section 465, when processing the triangle polygon made applicable [of a solid model] to drawing.

[0166] And the lightness comparator 433 compares the lightness in each pixel with the threshold which the lightness entry section 480 set up. With [the lightness in the pixel] a threshold [more than], the pixel processing section 430 draws the pixel concerned in the color for drawing based on the criteria lightness corresponding to this threshold. In the case of this drawing processing, hidden surface elimination processing is also carried out using the hidden surface elimination processing section 437. With [the lightness in the pixel] a threshold [under], this pixel is not drawn in this stage. If the lightness entry section 480 sets all the thresholds of the lightness range table 475 as the pixel processing section 430 and the pixel processing section 430 performs drawing processing about all the pixels in a

triangle polygon corresponding to it, the interior of a triangle polygon will be distinguished with the example of drawing 5 by the three-stage. This processing is carried out about all the triangle polygons of a solid model.

[0167] Next, the processing flow about the gestalt 2 of operation is explained. In addition, the following processings are processings by which the data-processing section 103 (drawing 1) controls other elements in the main part 101 of a computer, and is carried out.

[0168] The generation processing of the model for profile drawing in the form 2 of [CD-R record processing] implemented beforehand is the same as drawing 6 . If processing begins, the data of the solid model memorized beforehand will be read to HDD107 (Step S303), and it will be acquired as a model for conversion.

[0169] Next, it is expanded so that the size of this model for conversion may become somewhat large (Step S305). For example, the peak concerned is moved and only 2% of length of the overall length of the model for conversion concerned is expanded in the direction of a normal of each peak of the model for conversion about 2% as a whole. When this dilation ratio is larger, a border line is thicker, it is drawn, a dilation ratio is more small, and when the model for conversion is only expanded slightly, a border line is drawn more thinly. Furthermore, it is not uniform, and if a part is expanded more, only the border line of the portion expanded more will be drawn thickly. Since adjustment of this size is usually performed by the manufacturer of a solid model, the border line reflecting the intention of the manufacturer concerned can be drawn.

[0170] In addition, when the normal of each peak of a solid model is not defined, the peak concerned can also be moved in the direction of a normal of the peak concerned using the normal of the peak concerned called for by interpolating the normal of each field which shares the peak concerned. Moreover, the field concerned can also be moved in the direction of a normal of each side of a solid model. However, since a crevice is generated between fields when a field is only moved simply, the processing for burying it is needed separately. Furthermore, since the criteria position is usually defined as the solid model, each peak of the model for conversion can also be moved centering on the criteria position of the corresponding model for conversion.

[0171] Next, it is set as the color to which the color of saturation of the material of each polygon of the model for conversion was the same, and made lightness low (Step S307). In addition, it is good though the whole of each polygon is set as single colors, such as black. Moreover, it is good though a setup for mapping the texture for blur expression is carried out. Since the color of a material is adjusted by the manufacturer, a border line can be drawn by the color which the manufacturer concerned meant.

[0172] Next, the front reverse side of each polygon of the model for conversion is reversed (Step S309). The turn that the vertex of three square shapes each which constitute the model for conversion is specifically defined is replaced one place.

[0173] The data of the model for conversion changed even here are memorized to HDD107 as model data for profile drawing (Step S311), and the model generation processing for profile drawing is ended (Step S313).

[0174] Next, the various data containing the solid model data and the model data for profile drawing which were memorized by HDD107 are written in CD-R131 by CD-R drive 113. Drawing 7 which showed typically the example of the data written in CD-R131 is the same also with the form 2 of operation.

[0175] The processing flow of the whole form 2 of the [whole processing flow] operation is the same as the form 1 of operation, as long as it was shown in drawing 8 . First, a start of processing performs initial setting (Step S2). Data acquisition processing (drawing 9) of the model for profile drawing explained in full detail behind and the data acquisition processing of a solid model which should draw are included in processing of this initial setting. And the state in a virtual space is set up (Step S3). This processing is processing which changes the state in a virtual space according to it, when the position of a view is changed, the position of the light source is changed, a model makes it move or a model is transformed. By this processing being performed, determination processing of the position coordinate, the direction, the dilation ratio, reduction percentage, etc. of a solid model and the model for profile drawing is performed. Determination processing of the matrix for arrangement of a solid model and the model for profile drawing (it is used by drawing 11) is more specifically performed. Moreover, according to the key stroke of an input unit 161 (drawing 1) etc., a setup of being border-line drawing of Step S4 is performed at this step S3.

[0176] Next, judgment processing of whether to draw a border line is performed (Step S4). This is judged based on a setup by the key stroke of an input unit 161 etc., or a setup by other programs, as stated in the top. And when it is judged that a border line is drawn, drawing processing of the model for border-line drawing is carried out (Step S5). About this, drawing 11 is used and explained later. And when a border line is drawn and it is not drawn, drawing processing of a solid model is carried out (Step S6). Drawing 24 is later used and explained also about this processing. These Step S3 or S6 is repeatedly carried out till a processing end (Step S7). It is judged by whether the operation input of the purport which should end processing was performed whether it is a processing end.

[0177] Acquisition processing of the model for profile drawing shown in [model acquisition processing for profile

drawing] drawing 9 is the same also with the form 2 of operation. Here, it is judged first whether the model for profile drawing is generated (Step S203). It is because the case where the model for profile drawing is prepared beforehand, and the model for profile drawing may be generated in this stage. This judgment is carried out here by judging whether the model for profile drawing for example, corresponding to the solid model is stored in CD-R131. If it will be judged that the model for profile drawing is not generated if it is judged that it is stored, and it is judged that it is not stored, it will be judged that the model for profile drawing is generated.

[0178] When it is judged that the model for profile drawing is not generated, the data of the model for profile drawing stored in CD-R131 are read (Step S207). As each polygon of this model for profile drawing was explained in the top using drawing 4 and drawing 6, the front reverse side is reversed with the polygon to which a solid model corresponds. Moreover, the size of the model for profile drawing read is defined somewhat more greatly than a corresponding solid model. Furthermore, the color of the model for profile drawing is defined by the color darker than a corresponding solid model.

[0179] When it is judged that the model for profile drawing is generated, processing which generates the model for profile drawing is performed (Step S205). Like Step S207, when the model for profile drawing is generated in this stage, each polygon of the model for profile drawing makes what carried out front reverse side reversal the polygon to which a solid model corresponds, as explained in the top using drawing 4.

[0180] The size of the model for profile drawing is generated somewhat more greatly than a corresponding solid model. The model for profile drawing which was made to move in the direction of a normal of each peak of a solid model at the peak concerned, and was expanded like Step S305 (drawing 6) is generated. As compared with a solid model, when larger, a border line is thicker, the model for profile drawing is drawn, and when the model for profile drawing is only slightly larger than a solid model, a border line is drawn more thinly.

[0181] In addition, at this time, though the size of the model for profile drawing is generated by the same size as the size of a corresponding solid model, it is good. In this case, after the model for profile drawing is acquired by the model acquisition processing for this profile drawing, by the time the arrangement matrix of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing mentioned later, the model for profile drawing will be expanded. Or it is good though the matrix for arrangement concerned is determined that the matrix for arrangement concerned will include expansion conversion in case the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing. On the contrary, it is good though the matrix for arrangement of a solid model is determined that the matrix for arrangement of a solid model will contain a contraction in case a solid model is arranged.

[0182] On the other hand, the color of the material of each side of the model for profile drawing is generated by the color which made darker the color of the material of each polygon of a corresponding solid model. In addition, as described by explanation of Step S307 (drawing 6), the color of the model for profile drawing generated does not need to be defined at this time. Or the color of the material of each polygon of the model for profile drawing may be the same as the color of the material of each polygon of a corresponding solid model. In this case, the model for profile drawing is drawn by the color which the color of the model for profile drawing was not taken into consideration on the occasion of drawing processing of the model for profile drawing, for example, was defined [black] separately, and the color of the texture expressing a blur.

[0183] Next, it is judged whether the texture which expresses a blur to the model for profile drawing is mapped (Step S209). When the model for profile drawing is generated at Step S205, the judgment concerned is carried out based on the data of a corresponding solid model. On the other hand, when the model for profile drawing is read at Step S207, the judgment concerned is carried out based on the data of the read model for profile drawing. When it is judged that the texture expressing a blur is mapped, the texture which expresses a blur to the model for profile drawing at Step S211 is mapped. That is, a texture coordinate (U, V) is set as each peak of a polygon.

[0184] In addition, as stated also in the top, the texture expressing a blur has a pattern including change of lightness or transparency. An example of a texture including change of lightness is shown in drawing 10. This is a texture which has the pattern into which the white slash went finely on a black material. Since the lightness of a black portion is low and the lightness of a white portion is high, the texture shown in drawing 10 includes change of lightness. A border line including change of lightness is drawn by such a line being drawn as a border line. That is, the blur of a border line is expressed and the border line of a handwriting tone is drawn more.

[0185] When it was judged that the texture expressing a blur was not mapped, and when the processing by which a texture is mapped is completed, the data-processing section 103 ends the model acquisition processing for profile drawing (Step S213).

[0186] In Step S3 of [model arrangement processing for profile drawing] drawing 8, the arrangement matrix of the model for profile drawing is set up, and arrangement processing of the model for profile drawing is performed.

Usually, the criteria position of the model for profile drawing is established in the position corresponding to the criteria position of a solid model. And the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up so that the criteria position of the model for profile drawing may be arranged in the same as that of the criteria position of a solid model, or near.

[0187] When the direction of a solid model changes here, the matrix for arrangement which contains rotational transform so that the model for profile drawing may also correspond to it is set up. When the configuration of a solid model changes, deformation processing is performed so that the model for profile drawing may correspond to it.

[0188] When it is the same size as the solid model with which the model for profile drawing corresponds in this stage, the model for profile drawing is expanded. Specifically, the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up so that expansion conversion of each peak of the model for profile drawing may be carried out according to a predetermined dilation ratio a center [the criteria position of the model for profile drawing]. Or conversely, though a solid model is reduced, it is good. That is, the matrix for arrangement of a solid model is set up so that the contraction of each peak of a solid model may be carried out in this case according to predetermined reduction percentage a center [the criteria position of a solid model]. In addition, when relatively larger than the solid model with which the model for profile drawing corresponds, it is also possible to use the matrix for arrangement of a solid model as it is as a matrix for arrangement of the model for profile drawing.

[0189] If it does in this way, it will be arranged so that the large model for profile drawing may finally include a solid model relatively. By relations, such as an arrangement position of both models, a direction, and a configuration, completely, the model for profile drawing may be produced, when it does not include a solid model. However, even if it is such a case, a border line is drawn about the included portion.

[0190] In addition, in this stage, there is no need that the matrix for arrangement is not necessarily set up, and each element required for peak conversion of the coordinate arranged, a direction, the rate of enlarging or contracting, etc. has just decided it. Also in this case, actual peak conversion is performed in the stage of drawing processing of each model.

[0191] The drawing processing flow of the model for profile drawing shown in [model drawing processing for profile drawing] drawing 11 is the same also with the form 2 of operation. In drawing 11, processing explained below is repeatedly performed until it processes all the peaks of the model for profile drawing (Step S503). The first processing performed repeatedly is peak conversion (enlarging-or-contracting, rotation, parallel displacement, and transparent transformation) processing about the one peak (Step S505). Here, the matrix for arrangement of the model for profile drawing called for at Step S3 is also used by peak conversion.

[0192] For example, the geometric operation part 207 ordered by the data-processing section 103 carries out this processing. Wanting to be careful here is the point that the geometric operation part 207 does not carry out light source calculation to the model for profile drawing. It is because it is useless for a border line not to call at the position of the light source etc., but to be drawn, and to carry out light source calculation as for this. For example, the color of the material of the model for profile drawing may be disregarded. Usually, although this peak conversion is performed based on the state where it was specified in virtual three-dimensions space, when the size of the model for profile drawing is the same as a solid model, according to the matrix for arrangement set up by arrangement processing, expansion conversion of the model for profile drawing may be carried out in this stage.

[0193] And as for a polygon including the peak concerned, judgment processing of being a right face is performed (Step S507). This judgment is judged by whether the triangle polygon which consists of this vertex and two vertices processed in front of it in the case of a triangle polygon has turned to which direction. Supposing there is a normal vector in the direction of a right face, the front reverse side of a triangle polygon can be judged with the sign of the inner product of the normal vector and look vector. That is, if the sign of an inner product is negative, the right face will be turned to the view position, and if the sign of an inner product is positive, the reverse side side will be turned to the view position. In addition, although a front reverse side judging is performed in this stage with the form 2 of operation, a front reverse side judging is able to be made to be performed before this stage.

[0194] When a polygon including the peak concerned is a reverse side side, it returns to Step S503. When a polygon including the peak concerned is a right face, it is judged whether the texture expressing a blur is mapped (Step S509).

[0195] This means the texture mapping to a polygon. When it maps the texture expressing a blur, the texture coordinate of the texture for expressing a blur to the peak is calculated (Step S511). Although the texture coordinate (U, V) is already specified to be the peak of a polygon when performing texture mapping, when the polygon concerned is aslant arranged to the screen, on a screen, a texture is distorted and may be displayed. In order to avoid this distortion, as texture perspective processing, $Q=1/w$ (w is the depth from a screen) is used, and calculation of $S=U \times Q$ and $T=V \times Q$ is performed here. In not mapping the texture expressing a blur, it shifts to Step S513.

[0196] And the triangle drawing processing section 205 and the pixel color processing section 209 which were shown,

for example in drawing 2 drive (Step S513). As stated in the top, the triangle drawing processing section 205 interpolates the data of each vertex of a triangle polygon, and generates the data in each pixel inside a triangle polygon. The data of each peak will be a texture coordinate value, if the color of a material, a screen coordinate value, and Step S511 are carried out. The data in each pixel will be a TEKUSERU color if the color and Step S511 of a material are carried out.

[0197] However, it is also possible for the color of a material to be disregarded at this time and to set the color of a border line as each peak. Moreover, it is also possible to set up brightness in consideration of the color of a material. The pixel color processing section 209 uses the data in each pixel inside the triangle polygon which the triangle drawing processing section 205 generates, and writes a display image in a frame buffer 213. Under the present circumstances, hidden surface elimination is performed using Z-uffer 211.

[0198] The flow of the solid model drawing processing in the form 2 of the operation to [solid model drawing processing] drawing 24 is shown. The difference with drawing 15 is in the point that the contents of processing of initial setting of Step S633 of drawing 24 differ from the contents of processing of Step S603 of drawing 15, and the point that Step S611 of drawing 15 replaced Step S641 of drawing 24. That is, with the form 2 of operation, although the color for drawing was calculated in drawing 15 each time, since it is calculated and stored beforehand, the processing which incorporates beforehand the color data for drawing for solid models which draw in Step S633 in memory 105 is needed. Moreover, the processing which reads the color for drawing of a polygon in Step S641 is needed. In addition, even if it performs Step S641 before Steps S635 and S639 and carries out after Step S643, you may carry out in parallel to those steps. What is necessary is to just be read, by the time it actually uses it, since it is calculated and stored beforehand.

[0199] In drawing 24, initial setting is performed first (Step S633). In this initial setting, the lightness range table (for example, drawing 5 or drawing 18) corresponding to a solid model is acquired. Moreover, the color data for drawing of a solid model are acquired. Next, peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about the one peak and light source calculation are performed (Step S635). Here, the matrix for arrangement of a solid model is also used by peak conversion. The geometric operation part 207 performs this by the instruction from the data-processing section 103. The data of a solid model are stored in CD-R131.

[0200] Enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation are based on the state in the virtual space fundamentally set up in Step S3 of drawing 8. However, when the model for profile drawing is the same size as a solid model, the model for profile drawing may be relatively enlarged by reducing the size of a solid model. In this case, a contraction is carried out in Step S635. In addition, it is easily reducible if each peak is moved in accordance with the normal toward the center of a solid model.

[0201] In addition, the two technique of the light source calculation in solid model drawing processing of this invention stated with the gestalt 1 of operation is applicable as they are also with the gestalt 2 of operation.

[0202] Next, as for a polygon including the peak concerned, it is judged whether it is a right face (Step S637). This judgment is carried out by whether the triangle polygon which consists of this vertex and two vertices processed in front of it in the case of a triangle polygon has turned to which direction. This judgment can use the method explained by drawing processing of the model for profile drawing. In addition, although a front reverse side judging is performed in this stage with the gestalt 2 of operation, a front reverse side judging is able to be made to be performed before this stage.

[0203] When a polygon including the peak concerned is a reverse side side, it returns to Step S635. When a polygon including the peak concerned is a right face, the lightness in peak conversion and the light source peak at is calculated (Step S639). YIQ conversion is performed in calculation of lightness.

[0204] And the color for drawing of a polygon including the peak by which peak conversion and light source calculation were carried out is read from memory 105 (Step S641). Although the data of the color for drawing read are calculated beforehand, any of two methods explained with the form 1 of operation are sufficient as the calculation method at this time of calculating beforehand, and it may be an option. Furthermore, you may define the colors for drawing one by one. Since the color for drawing is prepared beforehand, although execution speed becomes quick with the form 2 of operation, it cannot perform simply changing into colors other than the color for drawing currently prepared. On the other hand, in calculating using the criteria lightness defined as the lightness range table like the form 1 of operation at the time of execution, or it changes a lightness range table, the color for drawing can be suitably changed only by changing criteria lightness.

[0205] Next, the one lightness range of a lightness range table is chosen (Step S643). In addition, although the lightness range table shown in drawing 5 is used with the form of this operation, a lightness range table like drawing 18 can also be used. When using such a lightness range table, the lightness range containing an upper limit and a minimum can be chosen at random, and can be set up. However, drawing 18 shows the case of the effective computer

to the 2nd place of a small number. The lightness range is chosen as the upper shell turn of drawing 18 when comparison with two lightness values of the lightness of each pixel, an upper limit, and a minimum cannot carry out easily in lightness comparison processing in which it explains below. And it is processed only by the lower limit in this case.

[0206] Then, the lightness in the peak of this polygon is interpolated and the lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel inside the polygon concerned is calculated. Although the color of the peak is also interpolated, the result is the same, even if it interpolates the three peaks, since it is the same color for drawing. And if the lightness in the pixel concerned is selected lightness within the limits, the pixel concerned will be drawn in the color for drawing corresponding to the selected lightness range concerned (Step S645). The triangle drawing processing section 205 in drawing 2 carries out interpolation processing of lightness. The pixel color processing section 209 carries out comparison processing of whether the lightness in each pixel is selected lightness within the limits. These steps S643 and S645 are repeated until it processes all lightness ranges (Step S647).

[0207] For example, when the pixel color processing section 209 cannot deal with two lightness values, an upper limit and a minimum, the same effect can be acquired by using Z-buffer 211 together. Although Z-buffer 211 is used for hidden surface elimination, with the form of this operation, the same effect as the case where combined use of Z-buffer 211 compares with the upper limit of lightness is done so.

[0208] In addition, the value of the smallest lower limit of a lightness range table may not be 0.0. In order to lose the portion to which no colors are given within the polygon, in the repeat of the drawing 24 step S647, a lower limit is set to 0.0 by the last repeat, and Step S645 is carried out.

[0209] Above, it is repeated until it processes all the peaks of a solid model, and even Step S635 or S647 is repeated until it processes all polygons as a result (Step S649).

[0210] If the above processings are carried out, all the polygons of a solid model can be distinguished with the lightness of a predetermined stage, and can acquire the picture of a cell animation tone about a solid model. Especially the gestalt 2 of operation is further accelerated from the gestalt 1 of operation. Moreover, since the portion to which the model for profile drawing introduced with the gestalt 2 of operation does not hide in a solid model among the fields behind a solid model is drawn, the rendering of the portion is carried out as a border line. With the gestalt 2 of operation, a border line can be easily drawn by usually performing rendering processing and almost same processing only by introducing the model for profile drawing for drawing of a border line.

[0211] 3. With the gestalt 3 of gestalt 3 implementation of operation, it differs in the gestalten 1 and 2 of operation, and, as for each polygon of the model for profile drawing, the front reverse side is not reversed to the polygon to which a solid model corresponds. However, in the case of the model for profile drawing, the criteria of the processing for judging the field for drawing are reversed, and the same effect as the gestalten 1 and 2 of operation is produced in it. About processing of a solid model, it is the same as the gestalt 1 of operation.

[0212] The outline of the gestalt 3 of operation of this invention is explained using the functional block diagram of drawing 25. The model drawing section 750 for profile drawing and the solid model drawing section 790 are contained in the rendering equipment illustrated as a gestalt 3 of operation. The model acquisition section 700 for profile drawing, the matrix setting section 705 for model arrangement for profile drawing, the model processing section 710 for profile drawing, the blur expression texture mapping section 715, and the pixel processing section 730 shared with the solid model drawing section 790 are contained in this model drawing section 750 for profile drawing. Each of these functions are delivering data in the turn described in the top.

[0213] Moreover, peak conversion and the light source calculation section 360, the lightness calculation section 365, the lightness range table 375, the color calculation section 370 for drawing, the lightness entry section 380, and the pixel processing section 730 shared with the model drawing section 750 for profile drawing are contained in the solid model drawing section 790. Peak conversion and the light source calculation section 360, the lightness calculation section 365, the lightness range table 375, the color calculation section 370 for drawing, and the lightness entry section 380 are the same as the form 1 of operation. The output of peak conversion and the light source calculation section 360 is inputted into the lightness calculation section 365. The output of the lightness calculation section 365 is inputted into the pixel processing section 330. The lightness range table 375 is referred to at both the color calculation section 370 for drawing, and the lightness entry section 380. The output of the color calculation section 370 for drawing and the lightness entry section 380 is inputted into the pixel processing section 730. The lightness comparator 733 used by solid model drawing processing and the hidden surface elimination processing section 737 used by both the model drawing processing for profile drawing and solid model drawing processing are contained in the pixel processing section 730 which the model drawing section 750 for profile drawing and the solid model drawing section 790 share.

[0214] The model acquisition section 700 for profile drawing generates the model for profile drawing corresponding to the solid model which consisted of for example, triangle polygons. In addition, when the model for profile drawing is

generated beforehand, the model acquisition section 700 for profile drawing reads the model for profile drawing which consisted of triangle polygons concerned currently generated beforehand. The forms 3 of operation differ and each polygon of the model for profile drawing acquired is [the forms 1 and 2 of operation / the polygon and the front reverse side to which a solid model corresponds] the same. Moreover, the model for profile drawing is larger than a solid model, and is defined by the predetermined color scheme for border lines. In addition, although the model for profile drawing must finally be relatively larger than a corresponding solid model, the size of the object for profile drawing in this stage may be the same as a solid model. In this case, it is processed so that the model for profile drawing may be relatively drawn greatly from a solid model, by the time the model for profile drawing and a solid model are drawn.

[0215] Moreover, the color of the model for profile drawing may succeed the color of the material of a corresponding solid model as it is. In this case, the color for drawing is specified independently. The criteria position of this model for profile drawing is the same as the criteria position of the solid model which usually corresponds, or is defined as being located in the near. For example, the case where the model 610 for profile drawing is defined as drawing 26 somewhat more greatly than the solid model 600 is shown. By this drawing 26, the direction of an arrow of each side shows the right face. Also in the solid model 600 and the model 610 for profile drawing, the outside of each field of a hexagon serves as a right face.

[0216] Both the model criteria positions 630 for profile drawing that are the solid model criteria position 620 which is a criteria position of the solid model 600, and a criteria position of the model 610 for profile drawing are defined as the center of each model. Moreover, the model 610 for profile drawing is defined centering on the model criteria position 630 for profile drawing somewhat more greatly than the solid model 600.

[0217] And the matrix setting section 705 (drawing 25) for model arrangement for profile drawing sets up the matrix for arrangement for arranging the model criteria position 630 for profile drawing in a virtual space in the same position as the solid model criteria position 620. This matrix for arrangement is used for conversion, such as the parallel displacement and rotation to each peak of a corresponding model, and enlarging or contracting. That is, the model 610 for profile drawing is arranged in the position which includes the solid model 600 by setting up so that the matrix for arrangement of the model 610 for profile drawing may include the conversion the parallel displacement of the model criteria position 530 for profile drawing is carried out [conversion] to the coordinate of the solid model criteria position 520.

[0218] Lessons is taken for the model processing section 710 for profile drawing from each peak of the model for profile drawing, and it carries out peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation), and carries out the front reverse side judging of each polygon of the model for profile drawing. The matrix for arrangement described in the top is used for this peak conversion. However, it differs in the forms 1 and 2 of operation, and this front reverse side judging is performed in the inversion table reverse side judging section 713. Moreover, light source calculation is not carried out here. For example, when it not only carries out transparent transformation, but the model for profile drawing of the same size as a solid model is acquired in enlarging or contracting, rotation and a parallel displacement, and the model acquisition section 700 for profile drawing according to the state where it was specified in the virtual space which is virtual three-dimensions space, the model processing section 710 for profile drawing carries out peak conversion for expanding the model for border-line drawing. When it expands here, the relation between a solid model and the model for profile drawing becomes like drawing 26.

[0219] Moreover, in the case of the model for profile drawing of the form 3 of operation, a right face is judged to be the reverse side and a reverse side side is judged to be a bow. Therefore, in the example of drawing 26, only the fields 613, 614, 615 and 616 which the arrow has turned to in the same direction as the direction of the look 640 from a camera 650 are made applicable to drawing. Although it separates from it for drawing since this field is a reverse side side, if it is usual, with the form 3 of operation, it is dealt with as a candidate for drawing. thus -- if it carries out, since it will be in the outside of the solid model 600 and will separate from the fields 611 and 612 near a camera 650 for drawing -- the solid model 600 -- usually -- a passage -- drawing -- having. In addition, since hidden surface elimination is performed in the hidden surface elimination processing section 435 of the pixel processing section 430, even if it becomes a candidate for drawing, all those fields are not drawn.

[0220] The blur expression texture mapping section 715 carries out processing for becoming blurred to the model for profile drawing, and mapping the texture for expression so that it may become the line by which the border line drawn as a result is blurred. In addition, since there is no need that the border line is not necessarily blurred, processing of the blur expression texture mapping section 715 is carried out alternatively.

[0221] Vertex conversion of the solid model drawing section 790 and the light source calculation section 360 carry out vertex conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about

each vertex of the triangle polygon of the solid model arranged in virtual three-dimensions space (calculating the field where a triangle polygon is drawn), and perform light source calculation about each vertex of the triangle polygon by which vertex conversion was carried out. Moreover, vertex conversion of the solid model drawing section 790 and the light source calculation section 360 also perform the front reverse side judging of the three square shape each polygon of a solid model.

[0222] Also in peak conversion of the solid model drawing section 790, and the light source calculation section 360 It doubles with the state where it was specified in virtual three-dimensions space. enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation it not only carries out, but When the model for profile drawing after being processed in the model processing section 710 for profile drawing is the same size as a solid model, peak conversion for reducing the size of a solid model so that a solid model may become small relatively to the model for profile drawing is carried out.

[0223] When peak conversion and the light source calculation section 360 perform solid model-reduction processing, the relation between the solid model 600 and the model 610 for profile drawing becomes like drawing 26 . Moreover, the front reverse side judgments of a field differ in the model processing section 710 for profile drawing, and except the field whose same direction as the direction of a look of a camera is the direction of a right face among the fields of a solid model from the candidate for drawing. In the example of drawing 26 , it sees from a camera 650 and the back fields 603, 604, 605, and 606 are excepted from the candidate for drawing.

[0224] The lightness calculation section 365 calculates lightness from the color in each vertex of the triangle polygon which vertex conversion and the light source calculation section 360 calculated. Usually, since peak conversion and the light source calculation section 360 calculate the color in a RGB system, the lightness calculation section 365 carries out YIQ conversion of this RGB, and searches for Lightness Y. The lightness in each vertex of this triangle polygon is outputted to the pixel processing section 730.

[0225] The lightness range table 375 is the same for example, table like drawing 5 as the forms 1 and 2 of operation. In addition, lightness shall take the real numeric values from 0 to 1 here. Specification of the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is sufficient (for example, refer to drawing 18). With reference to this lightness range table 375, the color calculation section 370 for drawing calculates the color for drawing corresponding to each threshold. The color for drawing corresponding to each threshold is calculated using the criteria lightness corresponding to a threshold, and the information on the color beforehand set as the three square shape each polygon of a solid model. The color calculation section 370 for drawing outputs the calculated color for drawing to the pixel processing section 730.

[0226] The lightness entry section 380 chooses one threshold of the lightness range table 375, and sets it as the pixel processing section 730. Every one lightness entry section 380 is set up in an order from the top, when using a lightness range table 375 like drawing 5 as it is. When the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is specified, selection and a setup are possible at random.

[0227] The pixel processing section 730 shared by the model drawing section 750 for profile drawing and the solid model drawing section 790 carries out processing which interpolates the color or lightness of each vertex of a triangle polygon, and searches for the color or lightness in each pixel in a triangle polygon. The algorithm or the algorithm of phong shading of gouraud shading is sufficient as the method of interpolation.

[0228] The pixel processing section 730 determines the color of each pixel in the triangle polygon made applicable [of the model for profile drawing] to drawing, carrying out hidden surface elimination processing using the hidden surface elimination processing section 737, when processing the triangle polygon made applicable [of the model for profile drawing] to drawing.

[0229] For example, in the case of drawing 26 , two fields 601 and 602 near the camera 650 of the solid model 600 are drawn, and four fields 613,614,615 and 616 distant from the camera 650 of the model for profile drawing are drawn. Since the solid model 600 is overflowed into right and left if it sees from a camera 650, these four fields of the model 610 for profile drawing are drawn without carrying out hidden surface elimination only of the protruded portion. This protruded portion serves as a border line. In addition, the pixel processing section 730 determines a color in consideration of the color of the material of the model for profile drawing. In addition, the color of a material may completely be disregarded and the color (black or dark color for border lines) of a border line may be made into the color of the model for profile drawing.

[0230] On the other hand, the pixel processing section 730 calculates the lightness in each pixel inside a polygon by interpolating the lightness in each vertex of the triangle polygon first outputted from the lightness calculation section 365, when processing the triangle polygon made applicable [of a solid model] to drawing.

[0231] And the lightness comparator 733 compares the lightness in each pixel with the threshold which the lightness entry section 380 set up. With [the lightness in the pixel] a threshold [more than], the pixel processing section 730

draws the pixel concerned in the color for drawing based on the criteria lightness corresponding to this threshold. In the case of this drawing processing, hidden surface elimination processing is also carried out using the hidden surface elimination processing section 737. With [the lightness in the pixel] a threshold [under], this pixel is not drawn in this stage. If the lightness entry section 380 sets all the thresholds of the lightness range table 375 as the pixel processing section 730 and the pixel processing section 730 performs drawing processing about all the pixels in a triangle polygon corresponding to it, the interior of a triangle polygon will be distinguished with the example of drawing 5 by the three-stage. This processing is carried out about all the triangle polygons of a solid model.

[0232] Next, the processing flow about the form 3 of operation is explained. In addition, the following processings are processings by which the data-processing section 103 (drawing 1) controls other elements in the main part 101 of a computer, and is carried out.

[0233] The generation processing of the model for profile drawing beforehand performed in the form 3 of operation is shown in [CD-R record processing] drawing 27 . If processing begins, the data of the solid model memorized beforehand will be read to HDD107 (Step S353), and it will be acquired as a model for conversion.

[0234] Next, it is expanded so that the size of the model for conversion may become somewhat large (Step S355). For example, the peak concerned is moved and only 2% of length of the overall length of the model for conversion concerned is expanded in the direction of a normal of each peak of the model for conversion about 2% as a whole. That is, if the height has the model for conversion concerned equivalent to 1.8m at a human-being type, only length with each peak equivalent to 0.036m will be moved, for example. When this dilation ratio is larger, a border line is thicker, it is drawn, a dilation ratio is more small, and when the model for conversion is only expanded slightly, a border line is drawn more thinly. Furthermore, it is not uniform, and if a part is expanded more, only the border line of the portion expanded more will be drawn thickly. Since this adjustment is usually performed by the manufacturer of a solid model, the border line reflecting the intention of the manufacturer concerned can be drawn.

[0235] In addition, when the normal of each peak of a solid model is not defined, the peak concerned can also be moved in the direction of a normal of the peak concerned using the normal of the peak concerned called for by interpolating the normal of each field which shares the peak concerned.

[0236] Moreover, the field concerned can also be moved in the direction of a normal of each side of a solid model. However, since a crevice is generated between fields when a field is only moved simply, the processing for burying it is needed separately. Furthermore, since the criteria position is usually defined as the solid model, each peak of the model for conversion concerned can also be moved centering on the criteria position of the corresponding model for conversion.

[0237] Next, it is set as the color to which the color of saturation of the material of each polygon of the model for conversion was the same, and made lightness low (Step S357). In addition, though the whole of each polygon is set as single colors, such as black, it is good. Moreover, it is good though a setup for mapping the texture for blur expression is carried out. Since the color of a material is adjusted by the manufacturer, a border line can be drawn by the color which the manufacturer concerned meant.

[0238] With the form 3 of operation, since processing which reverses the front reverse side of each polygon of the model for conversion is not performed, the data of the model for conversion processed so far are memorized to HDD107 as model data for profile drawing (Step S361), and the model generation processing for profile drawing is ended (Step S363).

[0239] Next, the various data containing the model data for profile drawing memorized by HDD107 are written in CD-R131 by CD-R drive 113. The example of the data written in CD-R131 on the level indicated by drawing 7 is the same as the forms 1 and 2 of operation. That is, in the program field 132, the program for making this invention carry out is stored in a computer 1000. Though this program does not include processing until it writes in CD-R131, it is good. The various data processed by the program stored in the program field 132 described in the top are stored in the system data field 133.

[0240] The data containing the solid model data 137 and the model data 135 for profile drawing are stored in the image data field 134. The front reverse side of each polygon of the model which the model data for profile drawing show here is the same as the polygon to which a solid model corresponds. Moreover, in the model acquisition processing for profile drawing mentioned later, when generating the model for profile drawing, there is no need that the model data 135 for profile drawing are stored. The data for making a sound output from the sound output unit 125 by the sound processing section 109 shown in drawing 1 are stored in the sound data area 136.

[0241] In addition, though the size of the model for profile drawing stored in CD-R131 is defined by the same size as the size of a corresponding solid model, it is good. In this case, after the model for profile drawing is acquired by the model acquisition processing for profile drawing mentioned later, by the time the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing mentioned later, the model for

profile drawing will be expanded. Or it is good though the matrix for arrangement concerned is determined that the matrix for an array concerned will include expansion conversion in case the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing. On the contrary, it is good though the matrix for arrangement of a solid model is determined that the matrix for arrangement of a solid model will contain a contraction in case a solid model is arranged.

[0242] Moreover, the color of the material of each polygon of the model for profile drawing stored in CD-R131 may be the same as the color of the material of each polygon of a corresponding solid model. In this case, the model for profile drawing is drawn by colors defined separately, such as black, in the case of drawing processing of the model for profile drawing mentioned later.

[0243] The processing flow of the level indicated by [whole processing flow] drawing 8 is the same as the forms 1 and 2 of operation. That is, initial setting is performed first (Step S2). In this initial setting, data acquisition processing (drawing 28) of the model for profile drawing explained in full detail behind is included. And the state in a virtual space is set up (Step S3). At this time, determination processing of the position coordinate of the model for profile drawing etc. is carried out. Next, judgment processing of whether to draw a border line is performed (Step S4). When a border line is drawn, drawing processing of the model for border-line drawing is carried out (Step S5). About this, drawing 29 is used and explained later. And when a border line is drawn and it is not drawn, drawing of a solid model is performed (Step S6). These Step S3 or S6 is repeated till a processing end (Step S7).

[0244] Acquisition processing of the model for [model acquisition processing for profile drawing] profile drawing is shown in drawing 28 . Here, it is judged first whether the model for profile drawing is generated (Step S223). It is because the case where the model for profile drawing is prepared beforehand, and the model for profile drawing may be generated in this stage. This judgment is carried out here by judging whether the model for profile drawing for example, corresponding to the solid model is stored in CD-R131. If it will be judged that the model for profile drawing is not generated if it is judged that it is stored, and it is judged that it is not stored, it will be judged that the model for profile drawing is generated.

[0245] When it is judged that the model for profile drawing is not generated, the data of the model for profile drawing stored in CD-R131 are read (Step S227). The polygon to which it differs in the gestalten 1 and 2 of operation as each polygon of this model for profile drawing was explained in the top using drawing 26 and drawing 27 , and a solid model corresponds has the the same front reverse side. Moreover, the size of the model for profile drawing read is defined somewhat more greatly than a corresponding solid model. Furthermore, the color of the model for profile drawing is defined by the color darker than a corresponding solid model.

[0246] When it is judged that the model for profile drawing is generated, processing which generates the model for profile drawing is performed (Step S225). Like Step S227, when generating the model for profile drawing in this stage, each polygon of the model for profile drawing is made into what has the the same polygon and the the same front reverse side to which a solid model corresponds (refer to drawing 26).

[0247] The size of the model for profile drawing is generated somewhat more greatly than a corresponding solid model. The model for profile drawing which was made to move in the direction of a normal of each peak of a solid model at the peak concerned, and was expanded like Step S355 (drawing 27) is generated. As compared with a solid model, when larger, a border line is thicker, the model for profile drawing is drawn, and when the model for profile drawing is only slightly larger than a solid model, a border line is drawn more thinly.

[0248] Moreover, it is good though the model for profile drawing which was made to move in the direction of a normal of each side of a solid model in the field concerned, and was expanded is generated as described by explanation of Step S355 (drawing 27). Furthermore, it is good though the model for profile drawing which was made to move at each peak of this solid model, and was expanded is generated centering on the criteria position usually defined as the solid model.

[0249] In addition, at this time, though the size of the model for profile drawing is generated by the same size as the size of a corresponding solid model, it is good. In this case, after the model for profile drawing is acquired by the model acquisition processing for this profile drawing, by the time the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing mentioned later, the model for profile drawing will be expanded. Or it is good though the matrix for arrangement concerned is determined that it will include the expansion conversion in case the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up by the model arrangement processing for profile drawing. On the contrary, it is good though the matrix for arrangement of a solid model is determined that the matrix for arrangement of a solid model will contain a contraction in case a solid model is arranged.

[0250] On the other hand, the color of the material of each polygon of the model for profile drawing is generated by the color which made darker the color of the material of each polygon of a corresponding solid model. In addition, as

described by explanation of Step S357 (drawing 27), the color of the model for profile drawing generated does not need to be defined at this time. Or the color of the material of each polygon of the model for profile drawing may be the same as the color of the material of each polygon of a corresponding solid model. In this case, the model for profile drawing is drawn by the color which the color of the model for profile drawing was not taken into consideration on the occasion of drawing processing of the model for profile drawing, for example, was defined [black] separately, and the color of the texture expressing a blur.

[0251] Next, it is judged whether the texture which expresses a blur to the model for profile drawing is mapped (Step S229). When the model for profile drawing is generated at Step S225, this judgment is carried out based on the data of a corresponding solid model. On the other hand, when the model for profile drawing is read at Step S227, this judgment is carried out based on the data of the read model for profile drawing. When it is judged that the texture expressing a blur is mapped, the texture which expresses a blur to the model for profile drawing at Step S231 is mapped. That is, a texture coordinate (U, V) is set as each peak of a polygon.

[0252] In addition, the texture expressing a blur is a texture which has a pattern including change of lightness or transparency, for example, is as above-mentioned a texture shown in drawing 10 . When it was judged that the texture expressing a blur was not mapped, and when the processing by which a texture is mapped is completed, the data-processing section 103 ends the model acquisition processing for profile drawing (Step S233).

[0253] In Step S3 of [model arrangement processing for profile drawing] drawing 8 , the arrangement matrix of the model for profile drawing is set up, and arrangement processing of the model for profile drawing is performed. Usually, the criteria position of the model for profile drawing is established in the position corresponding to the criteria position of a solid model. And the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up so that it may be arranged in that the criteria position of the model for profile drawing is the same as the position where the criteria position of a solid model is arranged, or its near.

[0254] When the direction of a solid model changes here, the matrix for arrangement which contains rotational transform so that the model for profile drawing may also correspond to it is set up. When the configuration of a solid model changes, deformation processing is performed so that the model for profile drawing may correspond to it.

[0255] When it is the same size as the solid model with which the model for profile drawing corresponds in this stage, the model for profile drawing is expanded. Specifically, the matrix for arrangement of the model for profile drawing is set up so that expansion conversion of each peak of the model for profile drawing may be carried out according to a predetermined dilation ratio a center [the criteria position of the model for profile drawing]. Or conversely, though a solid model is reduced, it is good. That is, the matrix for arrangement of a solid model is set up so that the contraction of each peak of a solid model may be carried out in this case according to predetermined reduction percentage a center [the criteria position of a solid model]. In addition, when relatively larger than the solid model with which the model for profile drawing corresponds, it is also possible to use the matrix for arrangement of a solid model as it is as a matrix for arrangement of the model for profile drawing.

[0256] If it does in this way, it will be arranged so that the large model for profile drawing may finally include a solid model relatively. By relations, such as an arrangement position of both models, a direction, and a configuration, completely, the model for profile drawing may be produced, when it does not include a solid model. However, even if it is such a case, a border line is drawn about the included portion.

[0257] In addition, in this stage, there is no need that the matrix for arrangement is not necessarily set up, and each element required for peak conversion of the coordinate arranged, a direction, the rate of enlarging or contracting, etc. has just decided it. Also in this case, actual peak conversion is performed in the stage of drawing processing of each model.

[0258] In drawing 29 showing the drawing processing flow of the model for [drawing processing of model for profile drawing] profile drawing, the processing explained below is repeated until it processes all the peaks of the model for profile drawing (Step S523). The first processing performed repeatedly is peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about the one peak (Step S525). For example, the geometric operation part 207 which the data-processing section 103 was ordered carries out this processing.

[0259] Wanting to be careful here is the point of not carrying out light source calculation to the model for profile drawing. This is because it is useless that a border line is unrelated to the position of the light source etc., and carries out light source calculation (finally depending on the case, the color of the material of the model for profile drawing may be disregarded). Usually, although this peak conversion is performed based on the state where it was specified in virtual three-dimensions space, when the size of the model for profile drawing is the same as a solid model, according to the matrix for arrangement set up by arrangement processing, expansion conversion of the model for profile drawing may be carried out in this stage.

[0260] And judgment processing of being a reverse side side is carried out by the decision criterion usual in a polygon

including the peak concerned (Step S527). Usually, although only a right face is made applicable to drawing, in the case of the model for profile drawing of the form 2 of operation, a reverse side side is made applicable to drawing by the usual criterion. A judgment of this step is made by whether the triangle polygon which consists of two vertices which were processed in front of this vertex in the case of the triangle polygon has turned to which direction.

[0261] When the vertex number is counterclockwise given to each vertex of a triangle polygon by the usual decision criterion as shown in drawing 12 for example, it is defined as space this side being a right face (the so-called right-handed system). With the form 3 of operation, the criteria of a front reverse side judging are reversed, and it judges noting that space this side is a right face, when the peak number is attached clockwise. Only the polygon judged to be a right face by this reversed front reverse side criterion is made applicable to drawing. It is because the right face in the decision criterion of the form 3 of operation is judged to be a reverse side side by the usual decision criterion as a result.

[0262] The example of a triangle polygon used as the candidate for judgment is shown in drawing 30. The vertex number of 0, 1, and 2 is given to each vertex of a triangle polygon shown in drawing 30 in order of the upper part in drawing, the lower left, and the lower right. Although space this side is a right face, considering how to attach a peak number in the example of drawing 30, in the reversed decision criterion, space this side serves as a reverse side side. By the reversed decision criterion, in the case of a reverse side side, since it is a right face, this polygon is removed for drawing usual. In addition, in this stage, a front reverse side judging is performed with the form 3 of operation, and a front reverse side judging is able to be made to be performed before this stage.

[0263] When a polygon including the peak concerned is a right face in the usual decision criterion, it returns to Step S523. When a polygon including the peak concerned is a reverse side side in the usual decision criterion, judgment processing of the no which maps the texture expressing a blur is carried out (Step S529). This means the texture mapping to a polygon. When it maps the texture expressing a blur, computation of the texture coordinate of the texture for expressing a blur to the peak is carried out (Step S531). Here, calculation of $S=U \times Q$ and $T=V \times Q$ is performed, using $Q=1/w$ (w being the depth from a screen) as texture perspective processing. In not mapping the texture expressing a blur, it shifts to Step S533.

[0264] And the triangle drawing processing section 205 and the pixel color processing section 209 which were shown, for example in drawing 2 drive (Step S533). As stated in the top, the triangle drawing processing section 205 interpolates the data of each vertex of a triangle polygon, and generates the data in each pixel inside a triangle polygon. The data of each peak will be a texture coordinate value, if the color of a material, a screen coordinate value, and Step S531 are carried out. Moreover, the data in each pixel will be a TEKUSERU color if the color and Step S531 of a material are carried out. However, it is also possible for the color of a material to be disregarded at this time and to set the color of a border line as each peak. Moreover, it is also possible to set up the color of a border line in consideration of the color of a material. The pixel color processing section 209 uses the data in each pixel inside the triangle polygon which the triangle drawing processing section 205 generates, and writes a display image in a frame buffer 213. Under the present circumstances, hidden surface elimination is performed using Z-uffer 211.

[0265] The flow of drawing processing of the solid model in the form 1 of operation shown in [solid model drawing processing] drawing 15 is the same also with the form 3 of operation. First, initial setting is performed (Step S603). In this initial setting, the lightness range table (for example, drawing 5 or drawing 18) corresponding to a solid model is acquired. Next, peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about the one peak and light source calculation are performed (Step S605). The geometric operation part 207 performs this by the instruction from the data-processing section 103. The data of a solid model are stored in CD-R131.

[0266] Enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation are based on the state in the virtual space fundamentally set up in Step S3 of drawing 8. However, when the model for profile drawing is the same size as a solid model, the model for profile drawing may be relatively enlarged by reducing the size of a solid model. In this case, a contraction is carried out in Step S605. In addition, it is easily reducible if each peak is moved in accordance with the normal toward the center of a solid model.

[0267] In addition, there is the technique of not taking into consideration the color of two technique, the technique in consideration of the color of the material defined as the (A) polygon, and the (B) material in light source calculation in solid model drawing processing of this invention, and these application is possible also to the form 3 of operation.

[0268] Next, as for a polygon including the peak concerned, it is judged whether it is a right face (Step S607). This judgment is carried out by whether the triangle polygon which consists of this vertex and two vertices processed in front of it in the case of a triangle polygon has turned to which direction. This judgment can use the method explained by drawing processing of the model for profile drawing. In addition, although a front reverse side judging is performed in this stage with the form 3 of operation, a front reverse side judging is able to be made to be performed before this

stage.

[0269] When a polygon including the peak concerned is a reverse side side, it returns to Step S605. When a polygon including the peak concerned is a right face, the lightness in peak conversion and the light source peak at is calculated (Step S609). YIQ conversion is performed in calculation of lightness.

[0270] And the color for drawing of a polygon including the peak by which peak conversion and light source calculation were carried out is calculated (Step S611). The color for drawing of a polygon is calculated from the criteria lightness corresponding to each lightness range stored in the lightness range table, and the color of the polygon concerned.

[0271] If there is three criteria lightness T_n (T_1 , T_2 , T_3), three colors for drawing can be found. In addition, when the color of a polygon is not held as a color of a YIQ system (i.e., when holding as a color of a RGB system), calculation changed into YIQ from RGB by the transformation matrix shown in the top is performed. Moreover, the another calculation method explained with the form 1 of operation is also applicable to the form 3 of operation.

[0272] Next, the one lightness range of a lightness range table is chosen (Step S613). In addition, although the lightness range table shown in drawing 5 is used with the form of this operation, a lightness range table like drawing 18 can also be used.

[0273] Then, the lightness in the peak of this polygon is interpolated and the lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel inside the polygon concerned is calculated. Although the color of the peak is also interpolated, the result is the same, even if it interpolates the three peaks, since it is the same color for drawing. And if the lightness in the pixel concerned is selected lightness within the limits, the pixel concerned will be drawn in the color for drawing corresponding to the selected lightness range concerned (Step S615). The triangle drawing processing section 205 in drawing 2 carries out interpolation processing of lightness. The pixel color processing section 209 carries out comparison processing of whether the lightness in each pixel is selected lightness within the limits. These steps S613 and S615 are repeated until it processes all lightness ranges (Step S617).

[0274] For example, when the pixel color processing section 209 cannot deal with two lightness values, an upper limit and a minimum, the same effect can be acquired by using Z-uffer 211 together. Although Z-uffer 211 is used for hidden surface elimination, with the form of this operation, the same effect as the case where combined use of Z-uffer 211 compares with the upper limit of lightness is done so.

[0275] In addition, the value of the smallest lower limit of a lightness range table may not be 0.0. In order to lose the portion to which no colors are given within the polygon, in the repeat of the drawing 15 step S617, a lower limit is set to 0.0 by the last repeat, and Step S615 is carried out.

[0276] Above, it is repeated until it processes all the peaks of a solid model, and even Step S605 or S617 is repeated until it processes all polygons as a result (Step S619).

[0277] If the above processings are carried out, all the polygons of a solid model can be distinguished with the lightness of a predetermined stage, and can acquire the picture of a cell animation tone about a solid model. Moreover, since the portion to which the model for profile drawing introduced with the form 3 of operation does not hide in a solid model among the fields behind a solid model is drawn, the rendering of the portion is carried out as a border line. With the form 3 of operation, a border line can be easily drawn by usually performing rendering processing and almost same processing for drawing of a border line only by introducing the model for profile drawing and reversing the front reverse side judging of the model for profile drawing.

[0278] 4. The form 4 of form 4 implementation of operation is the case where processing of the form 2 of operation is used [processing / a solid model] using processing of the form 3 of operation about processing of the model for profile drawing.

[0279] The outline of the form 4 of operation of this invention is explained using the functional block diagram of drawing 31. The model drawing section 850 for profile drawing and the solid model drawing section 890 are contained in the rendering equipment illustrated as a form 4 of operation. The model acquisition section 700 for profile drawing, the matrix setting section 705 for model arrangement for profile drawing, the model processing section 710 for profile drawing, the blur expression texture mapping section 715, and the pixel processing section 830 shared with the solid model drawing section 890 are contained in this model drawing section 850 for profile drawing. Each of these functions are delivering data in the turn described in the top.

[0280] Moreover, peak conversion and the light source calculation section 460, the lightness calculation section 465, the lightness range table 475, the color storing section 470 for drawing, the lightness entry section 480, and the pixel processing section 830 shared with the model drawing section 450 for profile drawing are contained in the solid model drawing section 890. The output of peak conversion and the light source calculation section 460 is inputted into the lightness calculation section 465. The output of the lightness calculation section 465 is inputted into the pixel processing section 830. The lightness range table 475 is referred to at the lightness entry section 480. The output of the

color storing section 470 for drawing and the lightness entry section 480 is inputted into the pixel processing section 830. The lightness comparator 833 used by solid model drawing processing and the hidden surface elimination processing section 837 used by both the model drawing processing for profile drawing and solid model drawing processing are contained in the pixel processing section 830 which the model drawing section 850 for profile drawing and the solid model drawing section 890 share.

[0281] The model acquisition section 700 for profile drawing generates the model for profile drawing corresponding to the solid model which consisted of for example, triangle polygons. In addition, when the model for profile drawing is generated beforehand, the model acquisition section 700 for profile drawing reads the model for profile drawing which consisted of triangle polygons concerned currently generated beforehand. The forms 4 of operation differ and each polygon of the model for profile drawing acquired is [the forms 1 and 2 of operation / the polygon and the front reverse side to which a solid model corresponds] the same. Moreover, the model for profile drawing is larger than a solid model, and is defined by the predetermined color scheme for border lines. In addition, although the model for profile drawing must finally be relatively larger than a corresponding solid model, the size of the object for profile drawing in this stage may be the same as a solid model. In this case, it is processed so that the model for profile drawing may be relatively drawn greatly from a solid model, by the time the model for profile drawing and a solid model are drawn.

[0282] Moreover, the color of the model for profile drawing may succeed the color of the material of a corresponding solid model as it is. In this case, the color for drawing is specified independently. The criteria position of this model for profile drawing is the same as the criteria position of the solid model which usually corresponds, or is defined as being located in the near.

[0283] And the matrix setting section 705 (drawing 25) for model arrangement for profile drawing sets up the matrix for arrangement for arranging the model criteria position 630 for profile drawing in a virtual space in the same position as the solid model criteria position 620, as shown in drawing 26 . This matrix for arrangement is used for conversion, such as the parallel displacement and rotation to each peak of a corresponding model, and enlarging or contracting. That is, the model 610 for profile drawing is arranged in the position which includes the solid model 600 by setting up so that the matrix for arrangement of the model 610 for profile drawing may include the conversion the parallel displacement of the model criteria position 530 for profile drawing is carried out [conversion] to the coordinate of the solid model criteria position 520.

[0284] Lessons is taken for the model processing section 710 for profile drawing from each peak of the model for profile drawing, and it carries out peak conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation), and carries out the front reverse side judging of each polygon of the model for profile drawing. The matrix for arrangement described in the top is used for this peak conversion. However, it differs in the gestalten 1 and 2 of operation, and this front reverse side judging is performed in the inversion table reverse side judging section 713. Moreover, light source calculation is not carried out here. For example, when it not only carries out transparent transformation, but the model for profile drawing of the same size as a solid model is acquired in enlarging or contracting, rotation and a parallel displacement, and the model acquisition section 700 for profile drawing according to the state where it was specified in the virtual space which is virtual three-dimensions space, the model processing section 710 for profile drawing carries out peak conversion for expanding the model for border-line drawing. When it expands here, the relation between a solid model and the model for profile drawing becomes like drawing 26 .

[0285] Moreover, in the case of the model for profile drawing of the gestalt 4 of operation, a right face is judged to be the reverse side and a reverse side side is judged to be a bow. Therefore, in the example of drawing 26 , only the fields 613,614,615 and 616 which the arrow has turned to in the same direction as the direction of the visual axis 640 from a camera 650 are made applicable to drawing. Although it separates from it for drawing since this field is a reverse side side, if it is usual, with the gestalt 4 of operation, it is dealt with as a candidate for drawing. thus -- if it carries out, since it will be in the outside of the solid model 600 and will separate from the fields 611 and 612 near a camera 650 for drawing -- the solid model 600 -- usually -- a passage -- drawing -- having . In addition, since hidden surface elimination is performed in the hidden surface elimination processing section 435 of the pixel processing section 430, even if it becomes a candidate for drawing, all those fields are not drawn.

[0286] The blur expression texture mapping section 715 carries out processing for becoming blurred to the model for profile drawing, and mapping the texture for expression so that it may become the line by which the border line drawn as a result is blurred. In addition, since there is no need that the border line is not necessarily blurred, processing of the blur expression texture mapping section 715 is carried out alternatively.

[0287] Vertex conversion of the solid model drawing section 890 and the light source calculation section 460 carry out vertex conversion (enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation) about

each vertex of the triangle polygon of the solid model arranged in virtual three-dimensions space (calculating the field where a triangle polygon is drawn), and perform light source calculation about each vertex of the triangle polygon by which vertex conversion was carried out. Moreover, vertex conversion of the solid model drawing section 890 and the light source calculation section 460 also perform the front reverse side judging of the three square shape each polygon of a solid model.

[0288] Also in peak conversion of the solid model drawing section 890, and the light source calculation section 460 It doubles with the state where it was specified in virtual three-dimensions space. enlarging or contracting, rotation, a parallel displacement, and transparent transformation it not only carries out, but When the model for profile drawing after being processed in the model processing section 810 for profile drawing is the same size as a solid model, peak conversion for reducing the size of a solid model so that a solid model may become small relatively to the model for profile drawing is carried out.

[0289] When peak conversion and the light source calculation section 460 perform solid model-reduction processing, the relation between the solid model 600 and the model 610 for profile drawing becomes like drawing 26 . Moreover, the front reverse side judgments of a field differ in the model processing section 710 for profile drawing, and except the field whose same direction as the direction of a look of a camera is the direction of a right face among the fields of a solid model from the candidate for drawing. In the example of drawing 26 , it sees from a camera and the back fields 603, 604, 605, and 606 are excepted from the candidate for drawing.

[0290] The lightness calculation section 465 calculates lightness from the color in each vertex of the triangle polygon which the light source calculation section 460 calculated. Usually, since the light source calculation section 460 calculates the color in a RGB system, the lightness calculation section 465 carries out YIQ conversion of this RGB, and searches for Lightness Y. The lightness in each vertex of this triangle polygon is outputted to the pixel processing section 830.

[0291] The lightness range table 475 is the same for example, table like drawing 5 as the form 1 of operation, or 3. In addition, lightness shall take the real numeric values from 0 to 1 here. Specification of the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is sufficient (for example, refer to drawing 18).

[0292] The color storing section 470 for drawing needs to keep three color data for drawing per each polygon, when using a lightness range table like drawing 5 . The color for drawing corresponding to the 1st lightness range about [as shown in drawing 23] each polygon (r, g, b), The color for drawing corresponding to the 2nd lightness range (r, g, b), and the color for drawing corresponding to the 3rd lightness range (r, g, b), The peak data IDX of the peak 1 and the peak data IDX of the peak 2 as well as the peak data IDX of the peak 0 which constitutes the polygon concerned are kept instead of drawing 16 (b) described previously. These data are prepared only for the number of the polygons of a solid model.

[0293] The pixel processing section 830 takes out the color for drawing corresponding to the lightness range set up by the lightness entry section 480 from the color storing section 470 for drawing. The color storing section 470 for drawing is CD-R131, and is stored as an element of the solid model data 137.

[0294] The lightness entry section 480 chooses one threshold of the lightness range table 475, and sets it as the pixel processing section 430. Every one lightness entry section 480 is set up in an order from the top, when using a lightness range table 475 like drawing 5 as it is. When the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is specified, selection and a setup are possible at random.

[0295] The pixel processing section 830 shared by the model drawing section 850 for profile drawing and the solid model drawing section 890 carries out processing which interpolates the color or lightness of each vertex of a triangle polygon, and searches for the color or lightness in each pixel in a triangle polygon. The algorithm or the algorithm of phong shading of gouraud shading is sufficient as the method of interpolation.

[0296]

Since it became timeout time, translation result display processing is stopped.

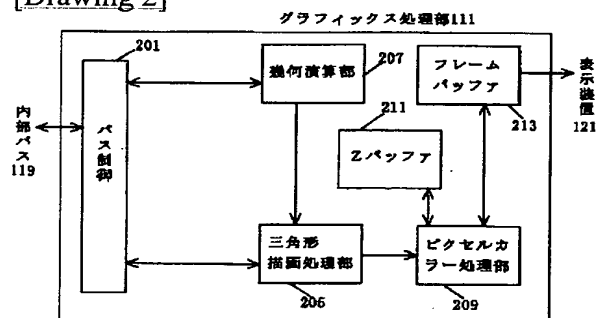
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

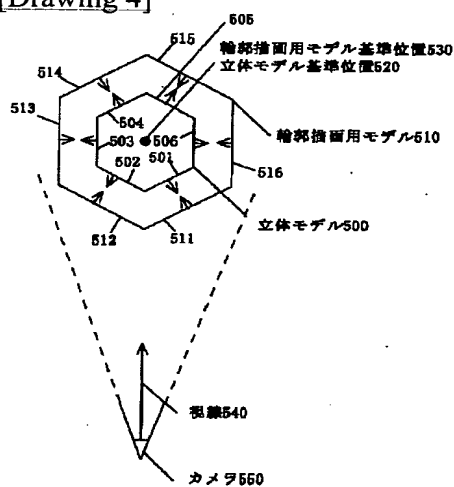
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Drawing 5]

しきい値	基準明度
0.75	0.75
0.50	0.50
0.00	0.25

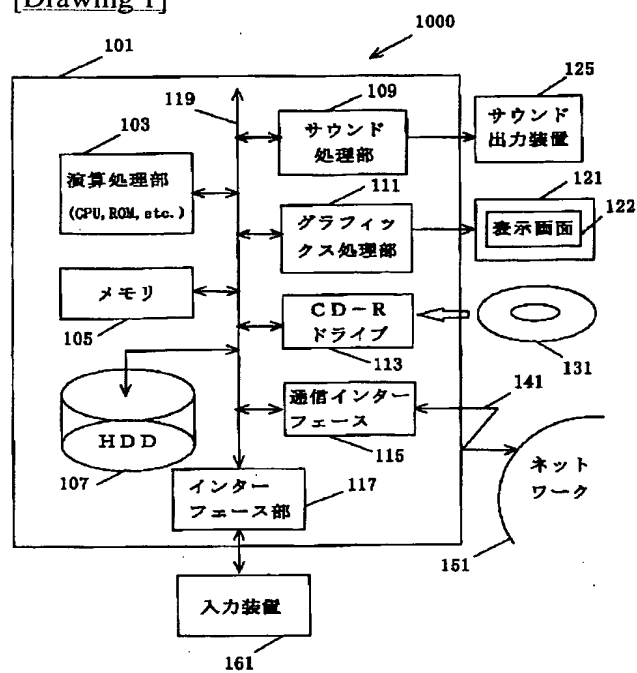
[Drawing 18]

明度範囲		基準明度
上限	下限	
1.00	0.75	0.75
0.74	0.50	0.50
0.49	0.00	0.25

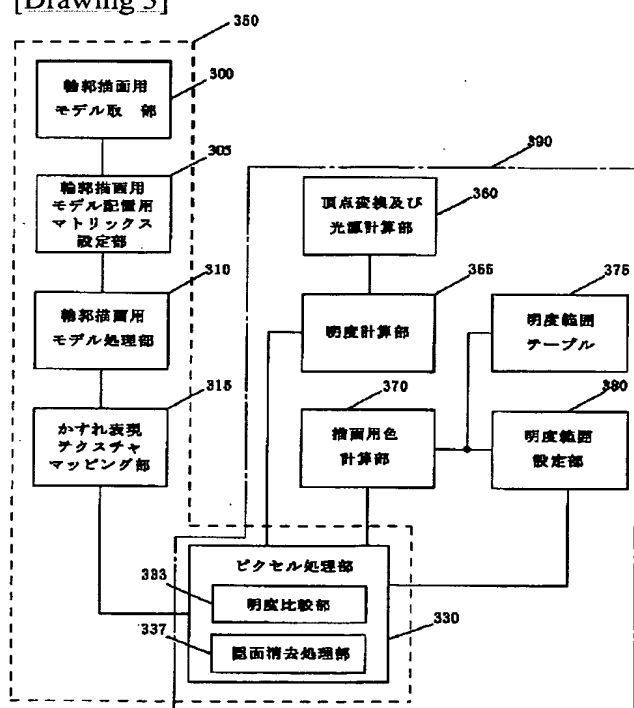
[Drawing 34]

しきい値	基準明度
0.3125	0.75
0	0.60

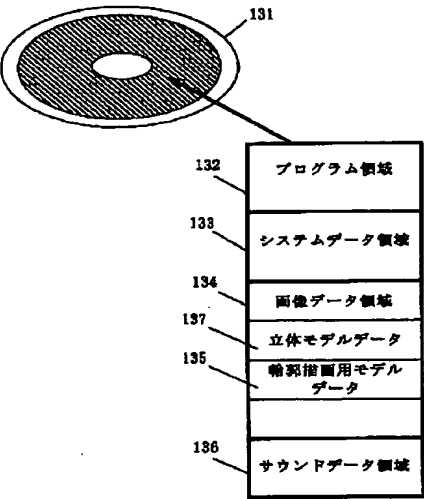
[Drawing 1]



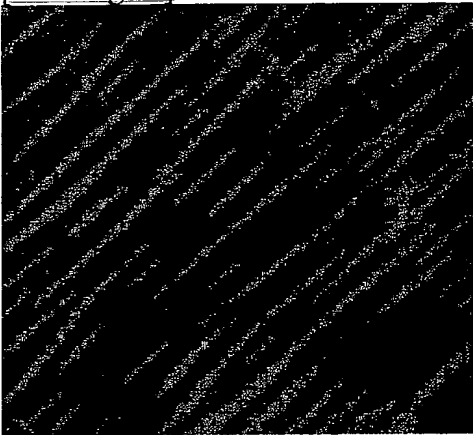
[Drawing 3]



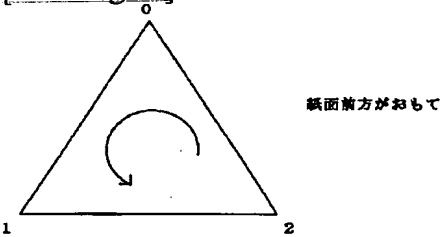
[Drawing 7]



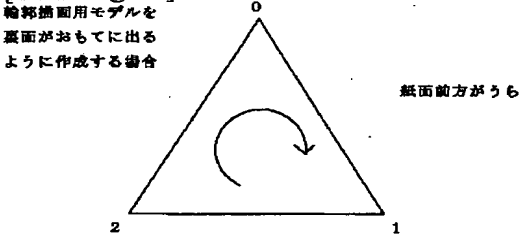
[Drawing 10]



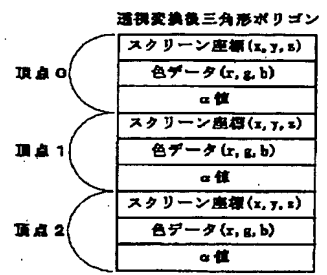
[Drawing 12]



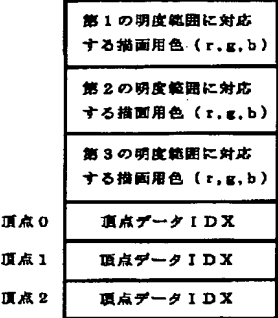
[Drawing 14]



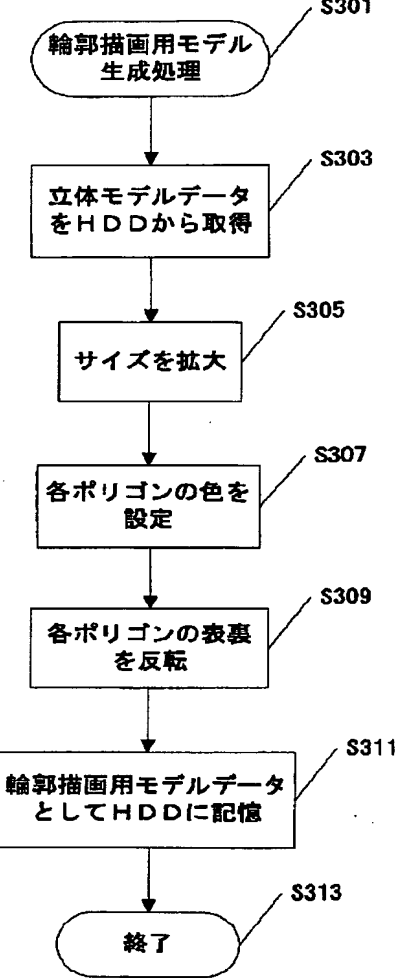
[Drawing 17]



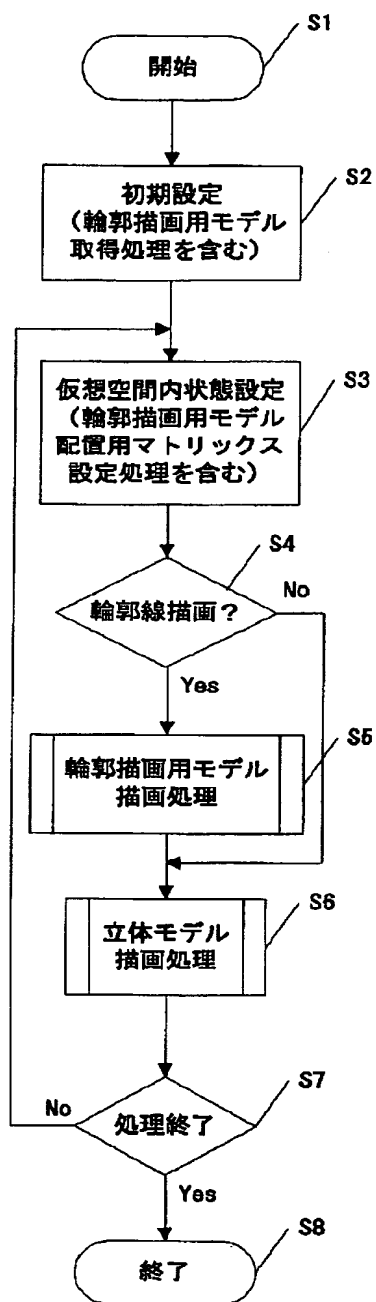
[Drawing 23]



[Drawing 6]



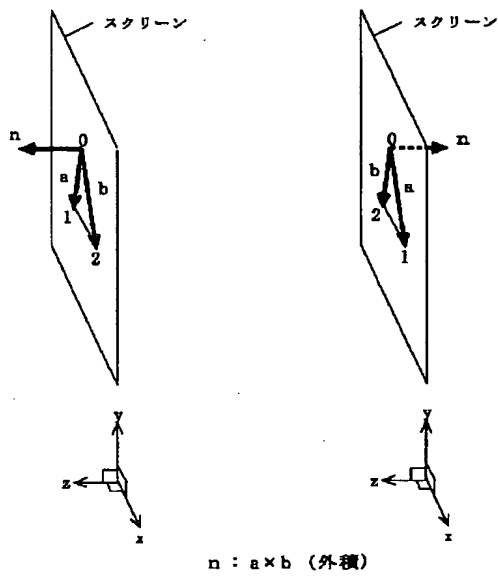
[Drawing 8]



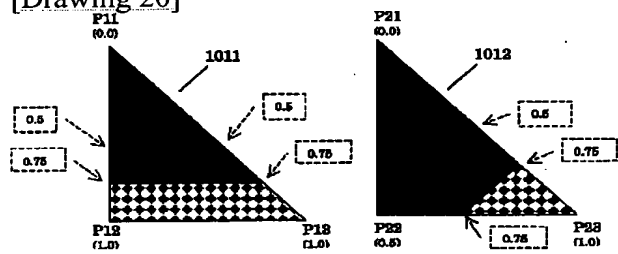
[Drawing 13]

おもての場合

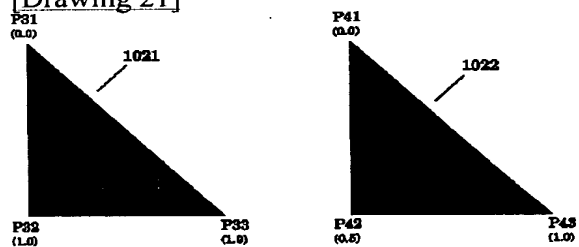
うらの場合



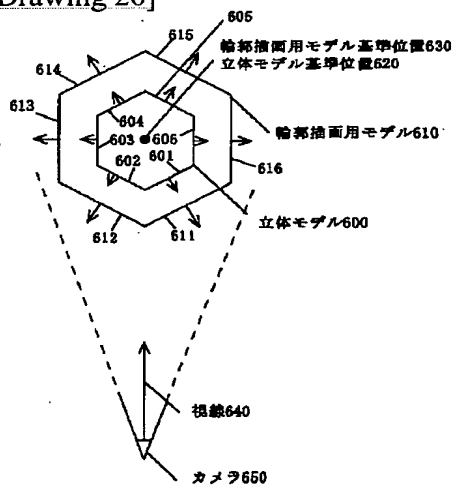
[Drawing 20]



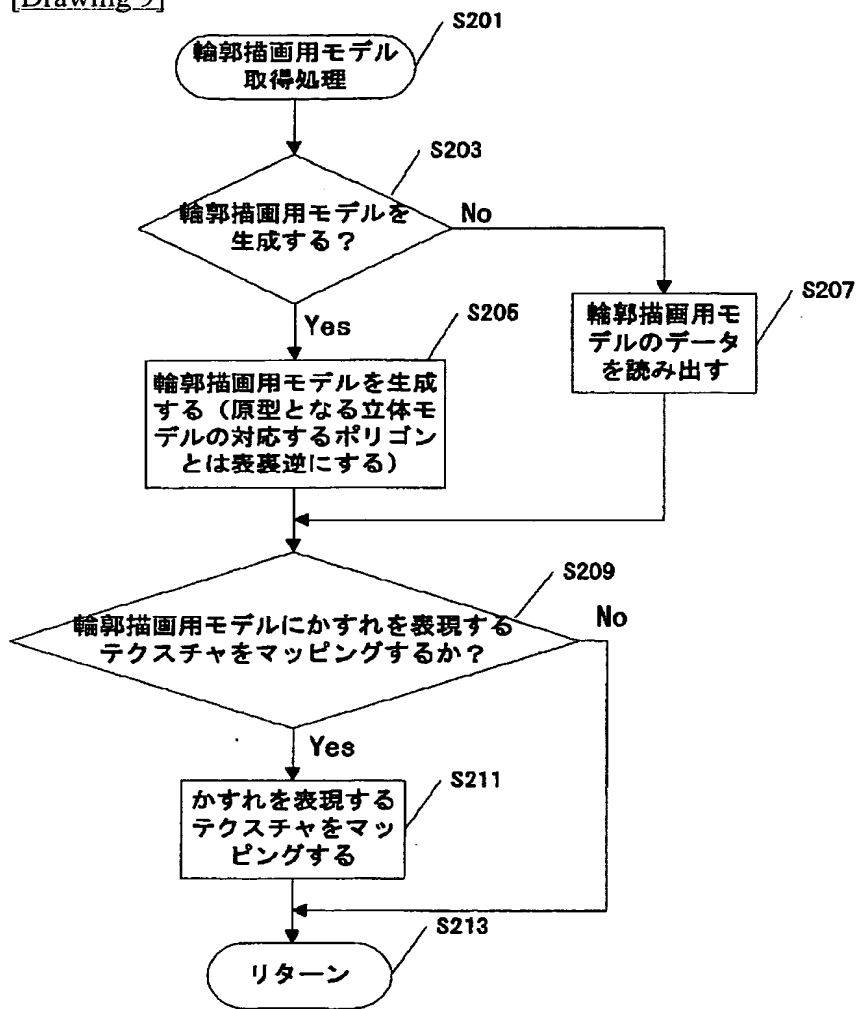
[Drawing 21]



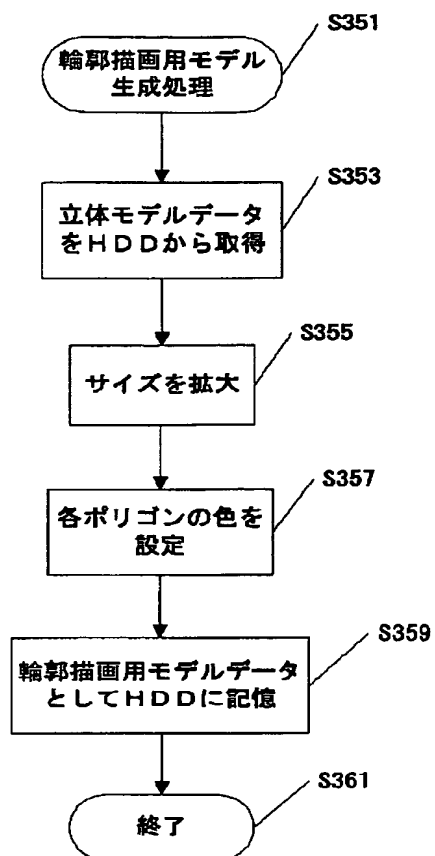
[Drawing 26]



[Drawing 9]

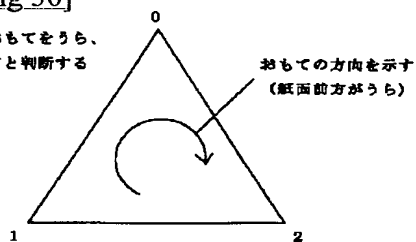


[Drawing 27]

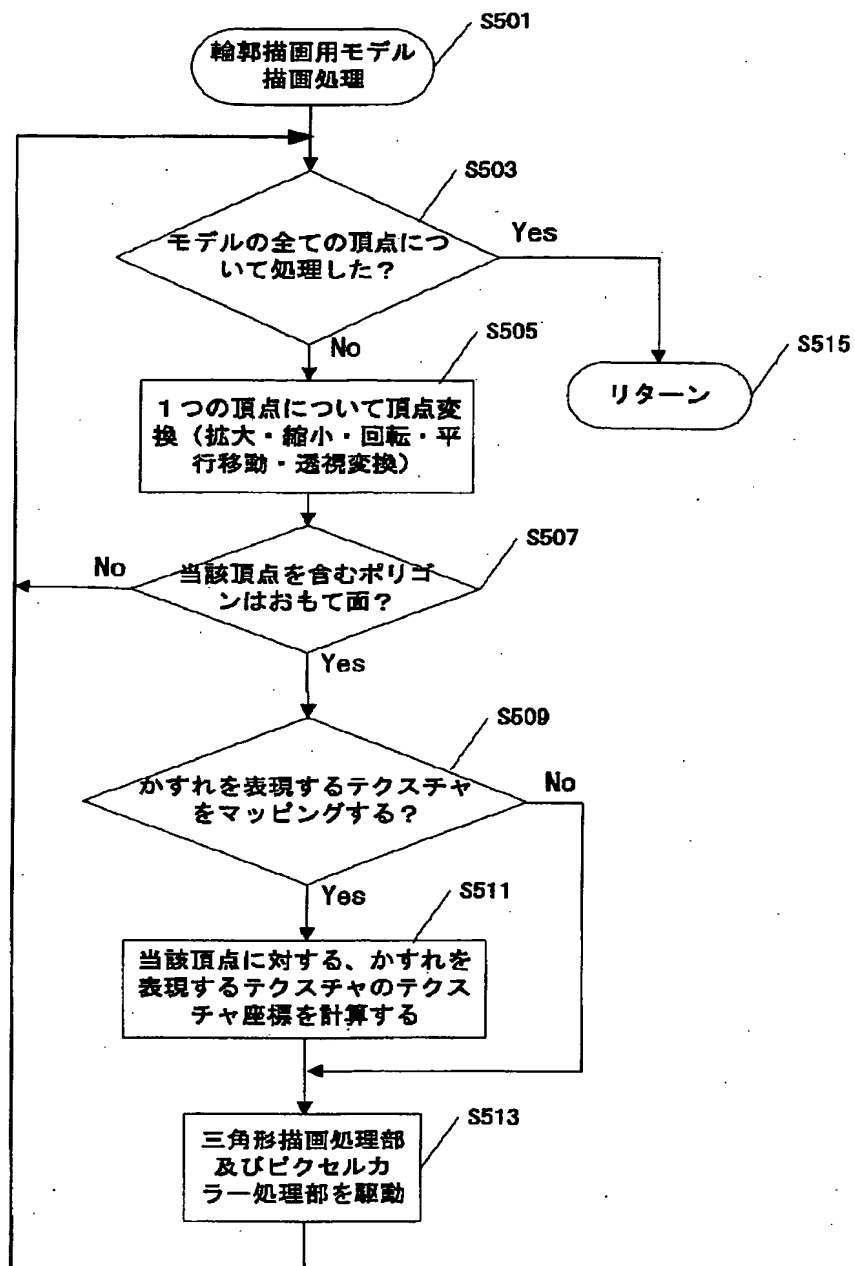


[Drawing 30]

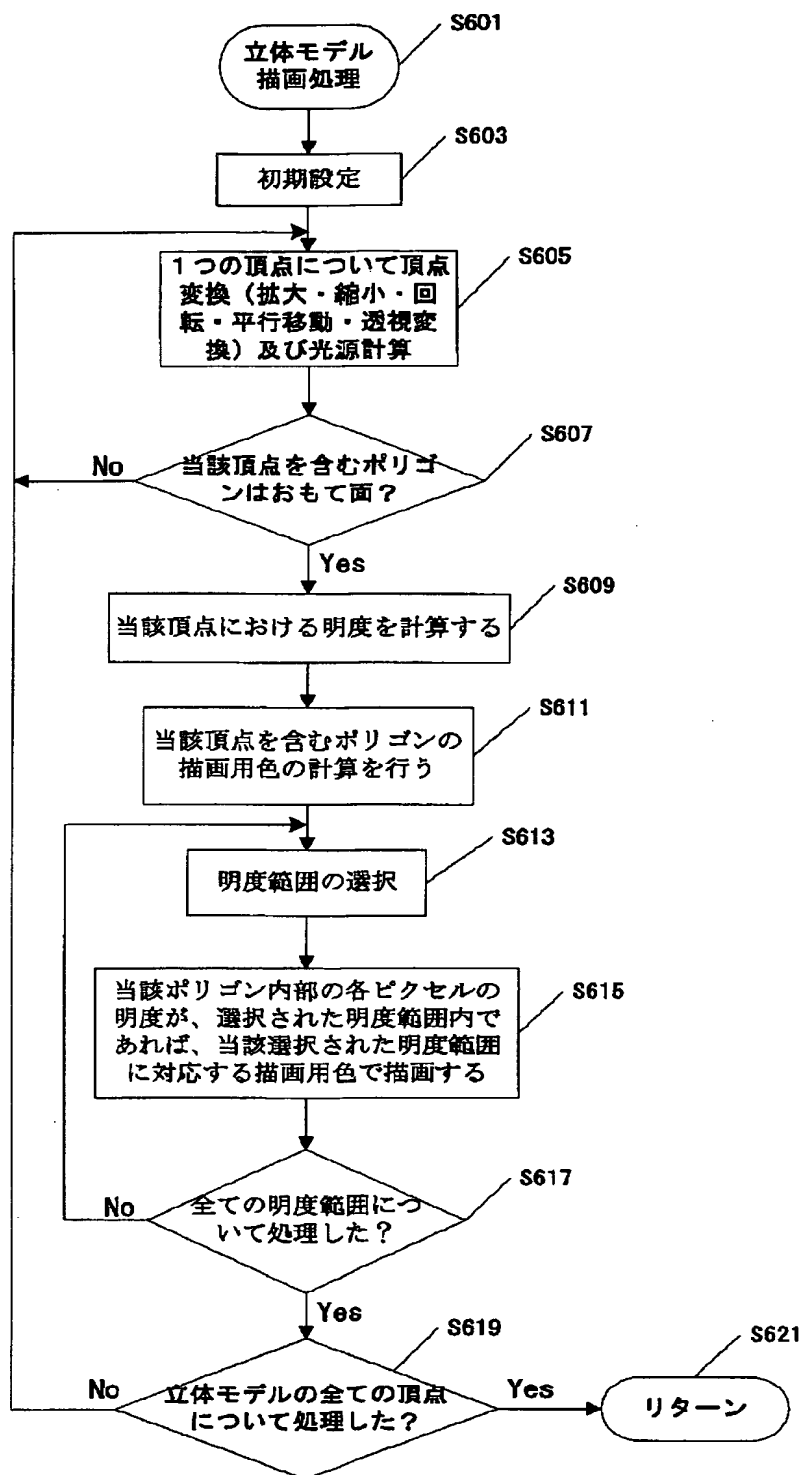
表面判定でおもてをうら、
うらをおもてと判断する
場合



[Drawing 11]



[Drawing 15]



[Drawing 32]



[Drawing 33]



[Drawing 16]

(a)

透視変換前三角形ポリゴン0
透視変換前三角形ポリゴン1
透視変換前三角形ポリゴン2
⋮
透視変換前三角形ポリゴンN-1

(b)

透視変換前三角形ポリゴン

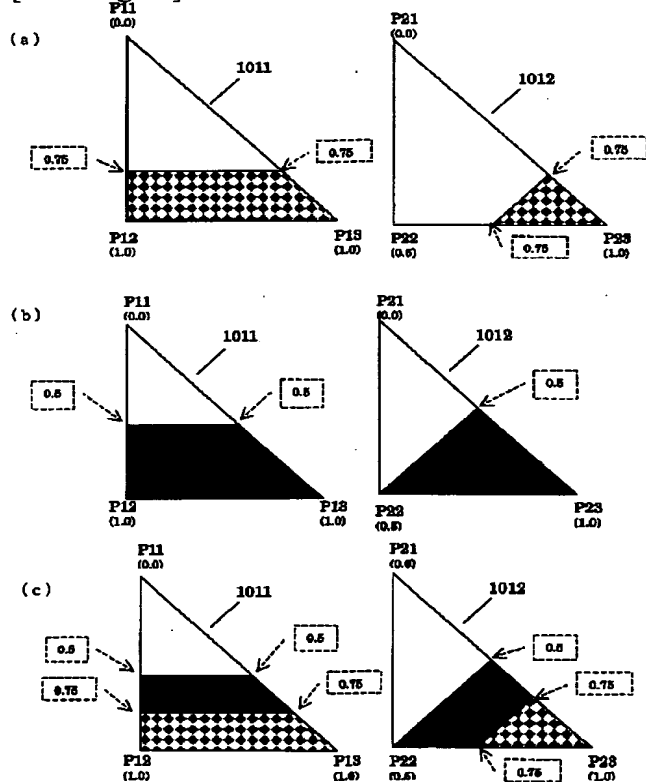
	マテリアルの色 (Y, I, Q)
頂点0	頂点データ I D X
頂点1	頂点データ I D X
頂点2	頂点データ I D X

(c)

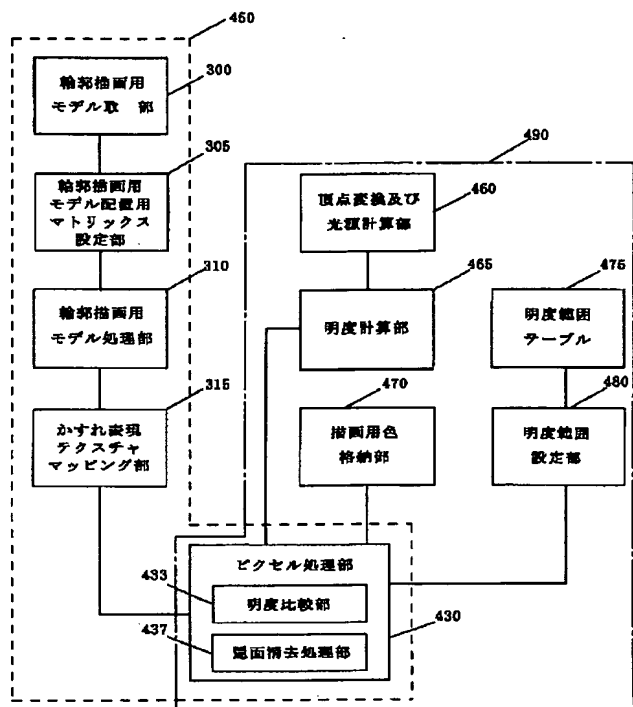
頂点データ・テーブル

頂点データ I D X 0	三次元座標 (P_{0x}, P_{0y}, P_{0z})
	法線ベクトル (N_{0x}, N_{0y}, N_{0z})
頂点データ I D X 1	三次元座標 (P_{1x}, P_{1y}, P_{1z})
	法線ベクトル (N_{1x}, N_{1y}, N_{1z})
	⋮
	⋮
頂点データ I D X [N-1]	三次元座標 ($P_{[N-1]x}, P_{[N-1]y}, P_{[N-1]z}$)
	法線ベクトル ($N_{[N-1]x}, N_{[N-1]y}, N_{[N-1]z}$)

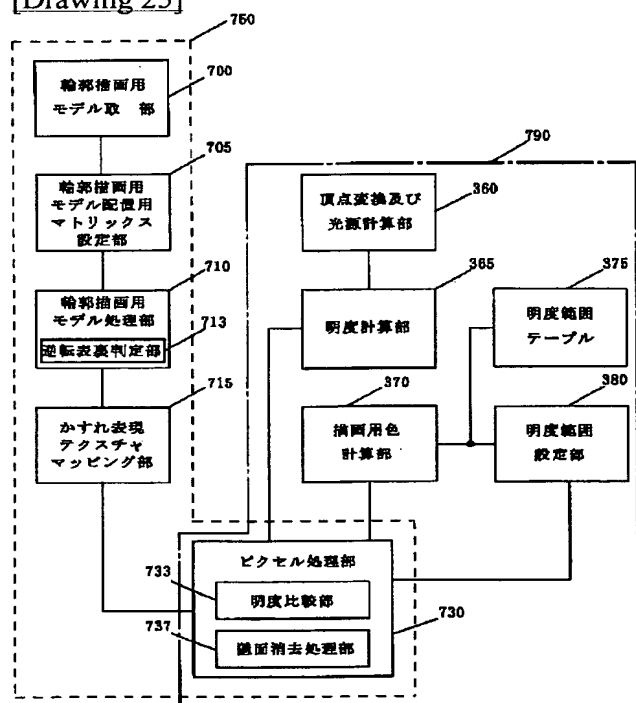
[Drawing 19]



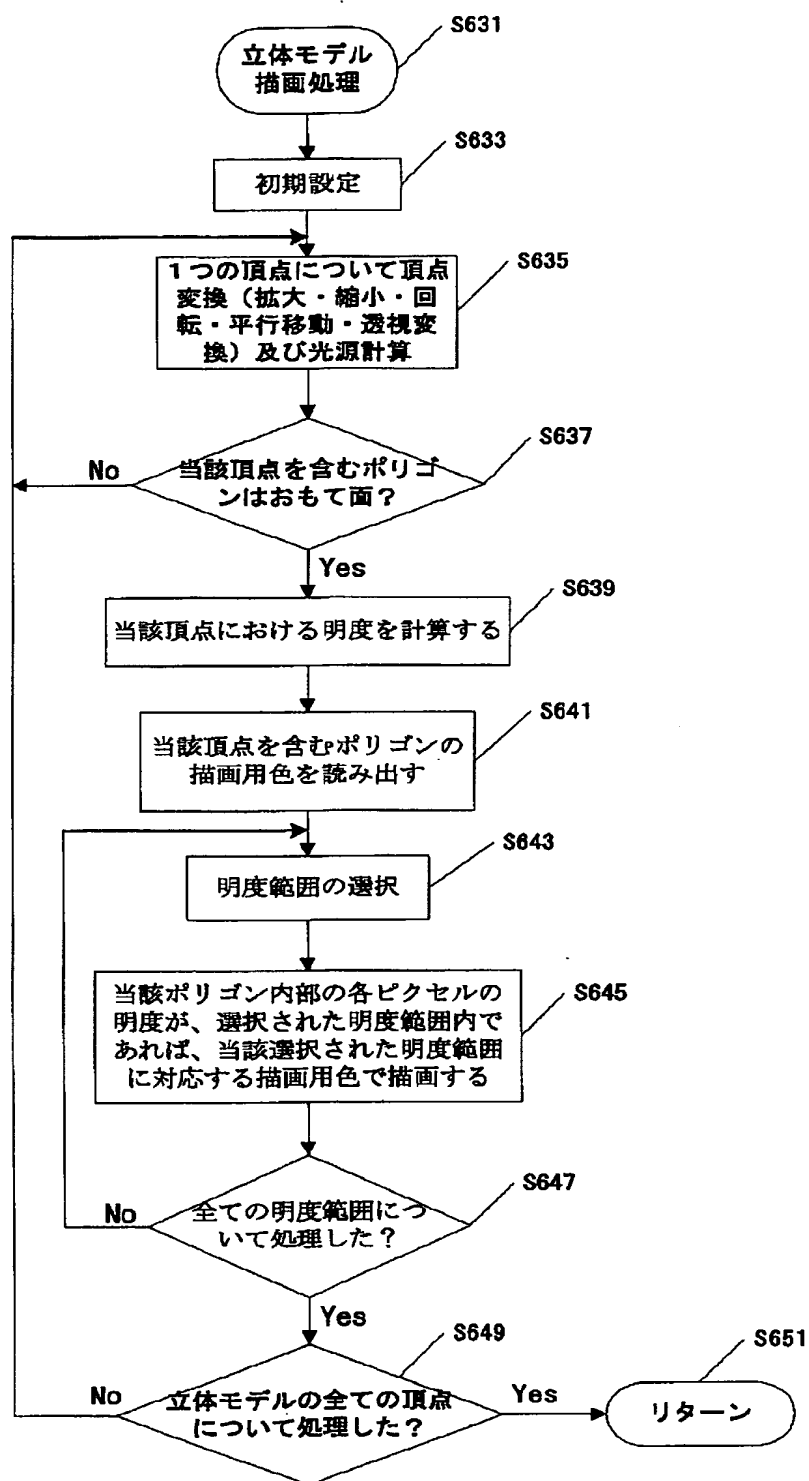
[Drawing 22]



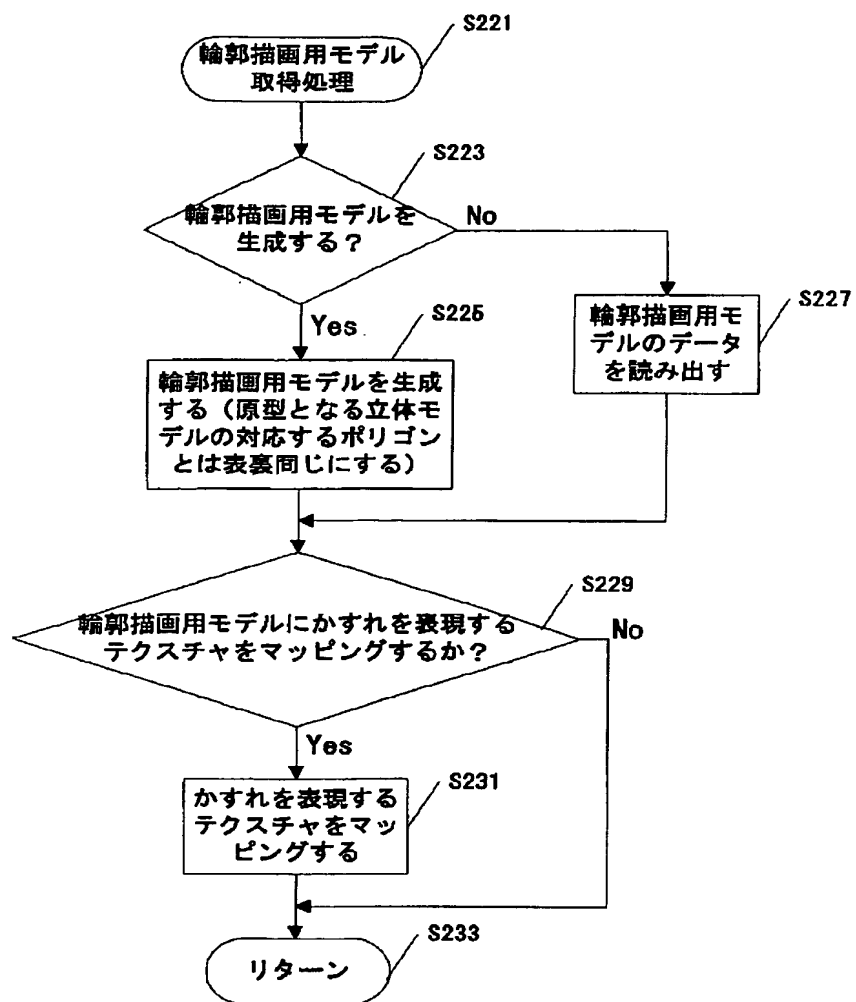
[Drawing 25]



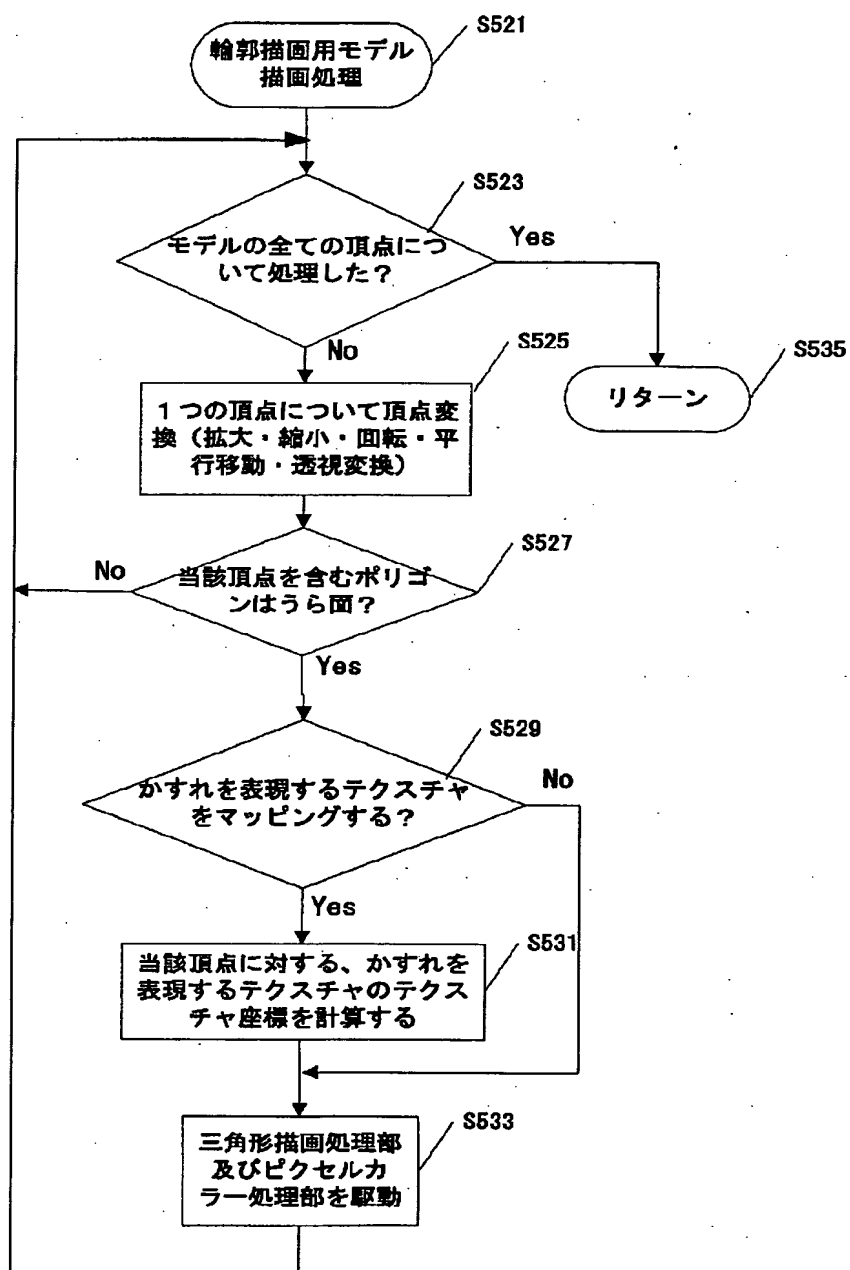
[Drawing 24]



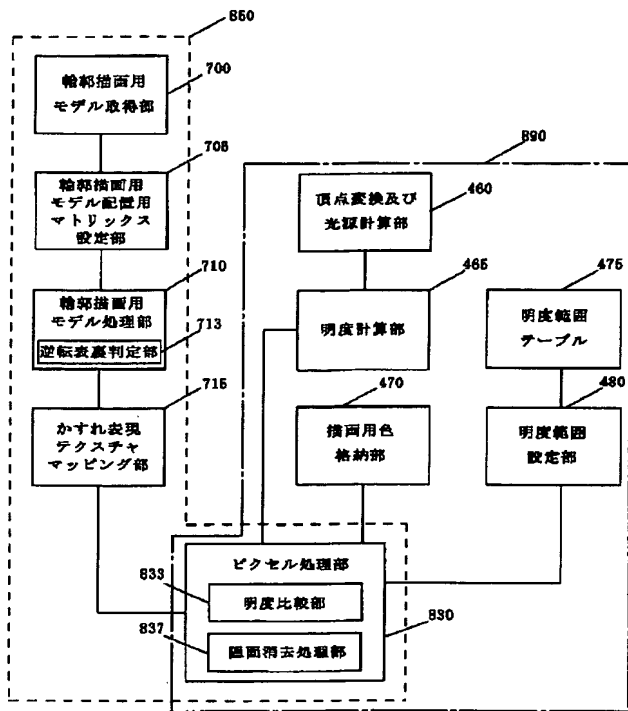
[Drawing 28]



[Drawing 29]



[Drawing 31]



[Translation done.]